

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 08-212527

(43)Date of publication of application : 20.08.1996

(51)Int.CI. G11B 5/596

(21)Application number : 07-307777

(71)Applicant : INTERNATL BUSINESS MACH CORP <IBM>

(22)Date of filing : 27.11.1995

(72)Inventor : CHAINER TIMOTHY JOSEPH
PRAINO ANTHONY PAUL
SCHULTZ MARK DELORMAN
WEBB BUCKNELL C
YARMCHUK EDWARD JOHN

(30)Priority

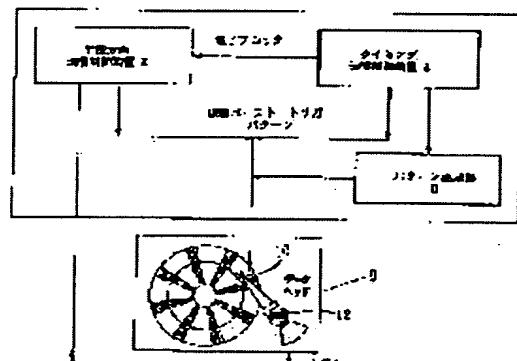
Priority number : 94 348773 Priority date : 01.12.1994 Priority country : US

(54) METHOD FOR DECIDING ISOLATION BETWEEN READING AND WRITING ELEMENTS OF HEAD AND APPARATUS AND METHOD CONCERNED

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To minimize the influence of a speed jitter without reducing the interval by calculating the isolation of reading and writing elements based on the difference of first and second delay times and the rotating speed of a disk.

SOLUTION: The system of a self-servo writing unit has an electronic block including a radial propagation controller 2, a timing propagating controller 4 and a pattern generator 6. The method for deciding the isolation between reading and writing elements of a head in this unit is decided by the following steps. The first step positions the head in the first radius of a disk to decide the first reading and writing time delay. The second step positions the head in the second radius of the disk to decide the second reading and writing element delay. Further, the third step calculates the isolation of the reading and writing elements based on the difference of the first and second delays and rotating speed of the disk. Thus, suitable positioning is conducted.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 06.11.1997

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than

the examiner's decision of rejection or
application converted registration]
[Date of final disposal for application]
[Patent number] 3238057
[Date of registration] 05.10.2001
[Number of appeal against examiner's decision
of rejection]
[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]
[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平8-212527

(43)公開日 平成8年(1996)8月20日

(51)Int.Cl.⁶

G 11 B 5/596

識別記号

府内整理番号

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数26 OL (全23頁)

(21)出願番号 特願平7-307777

(22)出願日 平成7年(1995)11月27日

(31)優先権主張番号 348773

(32)優先日 1994年12月1日

(33)優先権主張国 米国(US)

(71)出願人 390009531

インターナショナル・ビジネス・マシーンズ・コーポレイション

INTERNATIONAL BUSINESS MACHINES CORPORATION

アメリカ合衆国10504、ニューヨーク州
アーモンク(番地なし)

(72)発明者 ティモシー・ジョーゼフ・チェナー
アメリカ合衆国10541 ニューヨーク州
マホバック バレット・ヒル・ロード
161

(74)代理人 弁理士 合田 澄 (外2名)

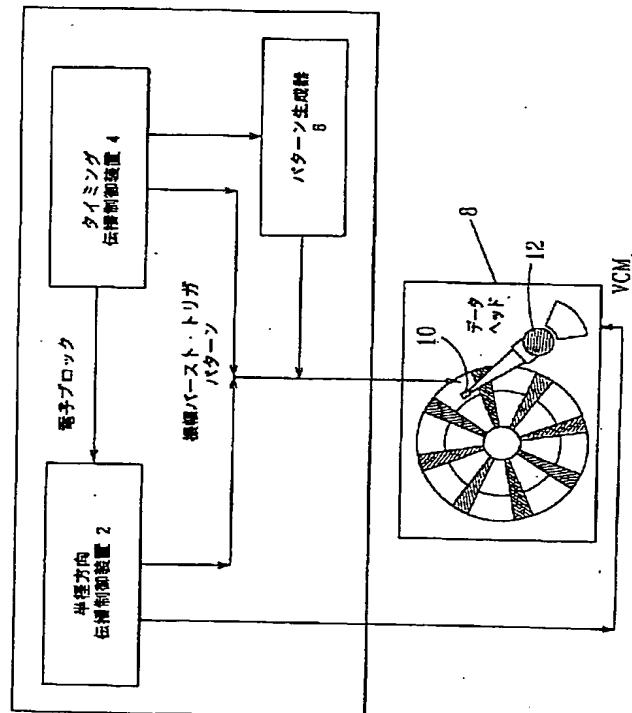
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 ヘッドの読み取り素子と書き込み素子との間の分離を決定する方法および関連する装置・方法

(57)【要約】

【課題】 形状的影響によるランダム・エラーと系統的エラーの訂正を含む、自己サーボ書き込み時のタイミング・パターンの配置の改良を提供する。

【解決手段】 個別の読み取り要素と書き込み要素を備えた記録ヘッドを有するディスク・ドライブにおいて、要素間の分離を決定し、ヘッドとディスクの間の傾斜角の関数としてこのようなエラーを訂正する方法である。要素間のミスアライメントと非平行によるエラーならびにそのアクチュエータ上のヘッドのミスアライメントによるエラーも検出され訂正される。ディスクの回転速度の変化や隣接するタイミング・パターンに対するタイミング・パターンのミスアライメントによるエラーが検出され訂正される。一般に、それぞれのトラック上にあり、後続トラックで訂正されるランダム・エラーの書き込みと検出の両方を行うために、單一回転プロセスを使用することができる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】回転ディスクを有する直接アクセス記憶装置内のヘッドの読み取り素子と書き込み素子との間の分離を決定する方法において、前記ヘッドはディスクとの相互作用のために位置決めされ、

前記ヘッドを前記ディスクの第1の半径に位置決めして第1の読み取り／書き込み時間遅延を決定するステップと、前記ヘッドを前記ディスクの第2の半径に位置決めして第2の読み取り／書き込み時間遅延を決定するステップと、前記第1の遅延と前記第2の遅延との差ならびにディスクの回転速度に基づいて読み取り素子と書き込み素子との分離を計算するステップとを含むことを特徴とする方法。

【請求項2】読み取り／書き込み時間遅延を決定する前記ステップのうちの少なくとも1つが、

$$W = \Omega \times \left[\frac{\frac{R/W_{\text{Delay}_1}}{1}}{\frac{\cos(\Theta_1) R_1}{1}} - \frac{\frac{R/W_{\text{Delay}_2}}{1}}{\frac{\cos(\Theta_2) R_2}{1}} \right]$$

式中、W=分離、Ω=ディスクの回転速度、R₁=第1の半径、R₂=第2の半径、Θ₁=第1の半径での傾斜角、Θ₂=第2の半径での傾斜角であることを特徴とする、請求項3に記載の方法。

【請求項5】前記分離、傾斜角、ディスクの回転速度の関数としてディスクに対するヘッドの連続半径方向位置の傾斜から得られる遅延時間を計算するステップと、サーボ・パターンをディスク上に書き込む際にトリガ・パターンの位置決めを訂正するために前記遅延時間を使用するステップとをさらに含むことを特徴とする、請求項1に記載の方法。

【請求項6】前記第1の半径がディスクの最も内側のアクセス可能なトラックであり、前記第2の半径がディスクの最も外側のアクセス可能なトラックであることを特徴とする、請求項1に記載の方法。

【請求項7】個別の読み取り素子と書き込み素子を有するヘッドによって回転記憶媒体上のデータの配置の系統的エラーの値を決定する方法において、前記エラーが前記読み取り素子と前記書き込み素子との形状的ミスマッチメントによるものであり、

前記ディスク上の所与の半径方向位置に位置するヘッドによって書き込まれるトリガ・パターン間の第1の時間間隔を測定するステップと、

1対のトリガ・パターン間の第2の時間間隔を測定するステップであって、そのうちの第1のトリガ・パターンが第1の半径方向位置に位置するヘッドによって書き込まれ、第2のトリガ・パターンが第2の半径方向位置に位置するヘッドによって書き込まれ、前記第1および第2の半径方向位置が、1つの半径方向位置に置かれたヘッドによって第1および第2の両方のトリガ・パターンが読み取れるほど充分小さく、前記系統的エラーを検出

書込み素子で第1のトリガ・パターンを書き込むステップと、

前記第1のトリガ・パターンでのトリガから公称時間T後に第2のトリガ・パターンを書き込むステップと、

前記第1のトリガ・パターンと前記第2のトリガ・パターンとの間の時間間隔を測定するステップと、

前記間隔と公称時間Tとの差を計算するステップとを含むことを特徴とする、請求項1に記載の方法。

【請求項3】遅延がヘッドと可動ディスクとの間の傾斜角の関数であり、傾斜角が前記計算ステップでも使用されることを特徴とする、請求項1に記載の方法。

【請求項4】前記分離が以下の関係式を使用することによって決定され、

【数1】

$$W = \Omega \times \left[\frac{\frac{R/W_{\text{Delay}_1}}{1}}{\frac{\cos(\Theta_1) R_1}{1}} - \frac{\frac{R/W_{\text{Delay}_2}}{1}}{\frac{\cos(\Theta_2) R_2}{1}} \right]$$

できるほど充分大きい距離分だけ離れているステップとを含むことを特徴とする方法。

【請求項8】前記測定ステップが前記ディスクに対して既知の半径にあるヘッドによって行われ、前記ディスク表面の相対速度が前記ディスクと回転速度と前記半径との積であることを特徴とする、請求項7に記載の方法。

【請求項9】前記エラーが前記読み取り素子と前記書き込み素子との非平行によるものであることを特徴とする、請求項7に記載の方法。

【請求項10】ディスク上にサーボ・パターンを設けるステップと、

系統的エラーの測定を使用して、ディスク上に前記サーボ・パターンを書き込むのに使用するトリガ・パターンの位置を訂正するステップとに結合されることを特徴とする、請求項7に記載の方法。

【請求項11】ディスクに対するヘッドの追加半径位置で系統的エラーを決定して、半径の関数として更新した系統的エラーを決定するステップと、

系統的エラーの更新済み測定を使用して、ディスク上に前記サーボ・パターンを書き込むのに使用するトリガ・パターンの位置を訂正するステップとをさらに含むことを特徴とする、請求項10に記載の方法。

【請求項12】ディスク・ドライブ内のヘッドによって回転ディスク上にタイミング・パターンを書き込む際の系統的エラーを訂正する方法において、

前記ディスクの第1のトラック上の第1の位置にあるヘッドによって第1のシリーズのトリガ・パターンを書き込むステップと、

ディスクの回転方向に関連する回転インデックスと前記第1のトラック上の少なくとも1つのトリガ・パターンとの間の時間間隔を記録するステップと、

所定の所望の時間間隔から記録した時間間隔の偏差からインデックス訂正値を計算するステップと、前記インデックス訂正値を使用して、後続トラック上に書き込まれる各トリガ・パターンの位置をシフトするステップとを含むことを特徴とする方法。

【請求項 13】ディスク・ドライブ内のヘッドによって回転ディスク上にタイミング・パターンを書き込む際の系統的エラーを訂正する方法において、

前記ディスクの第1のトラック上のヘッドによって第1のシリーズのトリガ・パターンを書き込むステップと、ディスクの回転方向に関連する回転インデックスと前記第1のトラック上の少なくとも1つのトリガ・パターンとの間の第1の時間間隔を記録するステップと、

前記ディスクの第2のトラック上のヘッドによって第2のシリーズのトリガ・パターンを書き込むステップと、ディスクの回転方向に関連する回転インデックスと前記第2のトラック上の少なくとも1つのトリガ・パターンとの間の第2の時間間隔を記録するステップと、記録した前記第1および第2の時間間隔の差からインデックス訂正値を計算するステップと、

前記インデックス訂正値を使用して、後続トラック上に書き込まれる各トリガ・パターンの位置をシフトするステップとを含むことを特徴とする方法。

【請求項 14】ディスクとの相互作用のために位置決めされたヘッドを含むディスク・ドライブ内の回転ディスクに自己サーボ書き込みするためのプロセスにおいて、第1のトラック上に第1の組のトリガ・パターンを書き込むステップと、

読み取り／書き込み時間遅延を決定するステップと、

インデックス訂正値を決定するステップと、

少なくとも1つのランダム・エラー訂正値を決定するステップと、

前記読み取り／書き込み時間遅延と、前記インデックス訂正値と、前記少なくとも1つのランダム・エラー訂正値との関数である1組の遅延値を計算するステップと、

前記第1の組のトリガ・パターンからトリガし、前記遅延値を使用して後続トラック上に第2の組のトリガ・パターンを書き込むステップとを含むことを特徴とするプロセス。

【請求項 15】ディスクとの相互作用のために位置決めされたヘッドを含むディスク・ドライブ内の回転ディスクに自己サーボ書き込みするためのプロセスにおいて、

読み取り／書き込み時間遅延を決定するステップと、

前記第1のトラック上に第1の組のトリガ・パターンを書き込むステップと、

インデックス訂正値を決定するステップと、

トラック幅の一部分だけヘッドを移動させるステップと、

第2の組のトリガ・パターンを書き込むステップと、

それぞれの第1のトリガ・パターンとそれに続く第2の

トリガ・パターンとの間の第1の時間を測定し、それぞれの第2のトリガ・パターンとそれに続く第1のトリガ・パターンとの間の第2の時間を測定するステップと、前記第1の時間に基づいて更新された読み取り／書き込み時間遅延を計算するステップと、

前記第2の時間を使用して、公称時間からの偏差を決定し、ランダム・エラー訂正遅延値を計算するステップと、

インデックス訂正値を更新するステップと、更新された読み取り／書き込み時間遅延と、インデックス訂正値と、ランダム・エラー訂正値との関数として後続トラック上にトリガ・パターンを書き込むために1組の遅延値を計算するステップとを含み、それにより、前記トリガ・パターンの配置のランダム・エラーと系統的エラーの増大が解消されることを特徴とするプロセス。

【請求項 16】読み取り／書き込み時間遅延を決定する前記ステップが、

書き込み素子で第1のトリガ・パターンを書き込むステップと、

前記第1のトリガ・パターンでのトリガから公称時間T後に第2のトリガ・パターンを書き込むステップと、前記第1および第2のトリガ・パターン間の時間間隔を測定するステップと、

前記間隔と公称時間Tとの差を計算するステップとを含むことを特徴とする、請求項 15 に記載の方法。

【請求項 17】所与の時間にディスク速度を測定する方法において、

前記所与の時間の直前に連続トリガ・パターン間の時間間隔を測定するステップと、

前記時間間隔に基づいて瞬間ディスク速度を計算するステップと、

平均ディスク速度からの前記瞬間ディスク速度の偏差について訂正した遅延時間で前記所与の時間後に次のトリガ・パターンを書き込むステップとを含むことを特徴とする方法。

【請求項 18】連続時間間隔を定義する一連のトリガ・パターン内の第1のトリガ・パターンと第2のトリガ・パターンのどちらのトリガ・パターンが間違って配置されているかを決定する方法において、

前記第1のトリガ・パターンと少なくとも1つの他のトリガ・パターンとの間の第1の時間間隔を決定するステップと、

前記第2のトリガ・パターンと少なくとも1つの他のトリガ・パターンとの間の第2の時間間隔を決定するステップと、

第1および第2の時間間隔を比較して、前記第1および第2のトリガ・パターンのうちのどちらが間違って配置されているかを決定するステップとを含むことを特徴とする方法。

【請求項 19】ディスク・ドライブ内の回転ディスクの

自己サーボ書き込み用のタイミング・パターンを生成する方法において、

前記ディスクの第1のトラック上に第1の組のトリガ・パターンを書き込むステップと、

前記ディスクの1回転の間に前記ディスクの第2のトラック上に第2の組のトリガ・パターンを配置し、前記第1の組のトリガ・パターンに対する前記第2のトリガ・パターンの配置のランダム・エラーを決定するステップと、

前記配置エラーを補正するために訂正值を計算するステップと、

前記訂正值によって位置を変更して前記ディスクの後続トラック上にトリガ・パターンを書き込むステップとを含み、それにより、前記第1のトラック上の配置のエラーが前記後続トラックに伝播されないようになっていることを特徴とする方法。

【請求項20】ディスクとの相互作用のために位置決めされたヘッドを含むディスク・ドライブ内の回転ディスクの自己サーボ書き込み用のタイミング・パターンを生成する方法において、

a. 第1のトラックの周りに間隔をおいたN個の第1のトリガ・パターンを含む前記トラックを書き込むステップと、

b. ヘッド幅の一部分に対応する距離だけヘッドを第1のサーボ・トラックに移動させるステップと、

c. 前記第1のトリガ・パターンのそれぞれを検出し、前記第1のトリガ・パターンのそれぞれの検出から時間

間隔A後に対応する第2のトリガ・パターンを第2のサーボ・トラックに書き込み、隣接する2つの第1のトリガ・パターン間の第1の時間間隔T(n)を測定するステップと、

d. 第1の間隔T(n)とAの関数である第1の組の時間B(n)を計算するステップと、

e. 前記ヘッドの幅の一部分に対応する距離だけヘッドを第2のサーボ・トラックに移動させるステップと、

f. 前記第2のトリガ・パターンの検出から時間B

(n)後に対応する第3の組のトリガ・パターンを書き込み、隣接する2つの第2のトリガ・パターン間の時間

間隔S(n)を測定するステップと、

g. 間隔S(n)と前記第1の時間B(n)およびAとの関数である時間C(n)を計算するステップと、

h. その幅の一部分だけヘッドを第3のサーボ・トラックに移動させるステップと、

i. 前記第3のトリガ・パターンのそれぞれの検出から前記時間C(n)後に対応する第4の組のトリガ・パターンを書き込み、隣接する2つの第3のトリガ・パターン間の第2の時間間隔T(n)を測定するステップと、

j. 第2の間隔T(n)と前記時間C(n)およびAとの関数である第2の組の時間B(n)を計算するステップと、

k. 前記ディスク上の後続サーボ・トラックに書き込むために、ディスクの所望の部分がサーボ・トラックで覆われるまで、ステップe～jのそれぞれを繰り返すステップとを含むことを特徴とする方法。

【請求項21】回転ディスクを有するディスク・ドライブの自己サーボ書き込み中に半径方向に変化する系統的エラーを除去する方法において、

a. 複数の所定の半径方向位置で系統的エラーを測定するステップと、

b. 系統的エラーを打ち消すようにステップaで決定した量だけサーボ・トラックを前記半径方向位置に書き込む際に系統的エラーを訂正するステップとを含み、それにより、サーボ・パターンが所望のようにディスクに対して回転することを特徴とする方法。

【請求項22】サーボ・パターンの配置のランダム・エラーも訂正されることを特徴とする、請求項21に記載の方法。

【請求項23】回転ディスクと、

アクチュエータによって半径方向に位置決めされたヘッドと、

前記ディスク上に書き込まれる自己サーボ書き込みタイミング・パターンとを含み、

前記パターンは系統的エラーが解消されるように書き込まれ、それにより、サーボ・パターンの回転がディスク上でその半径方向に移動するヘッドによって追跡された軌道と一致することを特徴とする、ディスク・ドライブ。

【請求項24】サーボ・パターンのトラック間アライメントのランダム・エラーがディスク表面の少なくとも所望の部分でその二乗平均平方根値が統計的に一定になるよう、前記サーボ・パターンも書き込まれることを特徴とする、請求項23に記載のディスク・ドライブ。

【請求項25】サーボ・パターンのトラック間アライメントのランダム・エラーがランダム・ウォーク・プロセスを代表するトラック番号の平方根未満のエラー増大になるように訂正されるように、前記サーボ・パターンも書き込まれることを特徴とする、請求項23に記載のディスク・ドライブ。

【請求項26】個別の読み取り素子と書き込み素子を備えたヘッドを有し、前記ヘッドが回転ディスクとの相互作用のためのものであるディスク・ドライブにおいて、ディスクに対するヘッドの半径方向位置を決定する方法であって、

ディスクの半径方向位置と、ヘッドとヘッドに対するディスクの移動方向との間の傾斜角との関係を確認するステップと、

読み取り素子と書き込み素子との分離を確認するステップと、

第1の半径位置にあるヘッドによって第1の読み取り／書き込み遅延を決定するステップと、

未知の半径位置にあるヘッドによって第2の読み取り／書き込み遅延を決定するステップと、

前記第1の読み取り／書き込み遅延と、前記第2の読み取り／書き込み遅延と、前記関係と、前記素子間の前記分離とから未知の半径を計算するステップとを含むことを特徴とする方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、一般的にはコンピュータ用のハード・ディスク・ドライブ・メモリ記憶装置に関する。より具体的には、本発明は、ディスク・ドライブ装置と、それにサーボトラック情報を書き込む方法に関する。より詳細には、本発明は、記録媒体の記録面上にサーボパターンを確立するための複雑な機械式または光学式あるいはその両方の位置決めシステムの必要性を軽減することに関する。

【0002】

【従来の技術】国際特許出願WO 94/11864号に記載されているように、フロッピーおよびハード・ディスク・ドライブの記憶容量レベルの向上は、ボイスコイルおよびその他のタイプのサーボ位置決め装置によって従来以上のトラック密度が可能になったことと、磁気抵抗(MR)ヘッド技術などを使用することによってより狭いトラックを読み書きできる能力との直接的な結果である。従来、低トラック密度のディスク・ドライブでは、親ねじおよびステッパ・モータ機構によって充分なヘッドの位置決めを達成することができた。しかし、トラック密度はたいへん高くなっているので、親ねじとステッパ・モータとの組合せによる機械エラーがトラック間隔と比較して重大なものとなり、ヘッドが読み取る信号からヘッドの位置を決定できるように埋込み式のサーボが必要になる。

【0003】従来のハード・ディスク製造技術には、専用サーボ書き込み器具によってヘッド・ディスク・アセンブリ(HDA)の媒体上にサーボトラックを書き込むことが含まれている。このような器具では、レーザ位置決めフィードバックを使用して、サーボトラックの書き込みに使用する記録ヘッドの実際の物理位置を読み取っている。残念ながら、このようなサーボ書き込み装置がサーボ書き込みのためにHDAの内部環境に侵入することはますます難しくなっている。というのは、HDAそのものが非常に小さく、適正動作のために所定の位置につくためにそのカバーとキャスティングに依存しているからである。HDAによっては、プラスチックのクレジット・カード程度のサイズと厚さのものもある。このようなレベルの超小形化では、従来のサーボ書き込み方法は不十分である。

【0004】一般に、従来のサーボパターンは、両側のデータ・トラックの中心線から外れて非常に精密に配置された定周波信号のショート・バーストを含む。このバ

ーストは、セクタ・ヘッダ域に書き込まれ、トラックの中心線を検出するために使用することができる。読み取りと書き込みのどちらの場合も、中心に止まることが必須である。トラック当たり17~60個またはそれ以上のセクタが存在する可能性があるので、データ・トラックの周囲には同数のサーボ・データ域を分散させる必要がある。スピンドルのぐらつき、ディスクのスリップ、熱膨張などによって発生する可能性があるようにトラックが真円ではない場合でも、これらのサーボデータ域により、ヘッドはディスク周辺のトラック中心線を追跡することができる。技術が進歩してディスク・ドライブがより小形になり、トラック密度が増すにつれて、サーボ・データの配置もそれに応じてより正確なものでなければならない。

【0005】従来、サーボデータは専用の外部サーボ書き込み機器によって書き込まれ、通常、ディスク・ドライブを支えるための大きい花崗岩ブロックの使用や、静かな外部振動の影響を伴っている。補助クロック・ヘッドは記録ディスクの表面に挿入され、基準タイミング・パターンの書き込みに使用される。非常に正確な親ねじと位置フィードバック用のレーザ変位測定装置とを備えた外部ヘッド／アーム位置決め装置は、変換器の位置を精密に決定するために使用し、トラックの配置とトラック間間隔の基礎となる。ディスクとヘッドは外部ヘッドおよびアクチュエータのアクセスを可能にするためにクリーン・ルーム環境に曝されるので、サーボ書き込み装置はクリーン・ルーム環境を必要とする。

【0006】Oliver他に付与された米国特許第4414589号は、位置決め手段の移動範囲内の第1のリミット・ストップに可動読み取り／書き込みヘッドの1つを位置決めすることによって最適トラック間隔を決定する、サーボ書き込みを教示している。この場合、第1の基準トラックは可動ヘッドによって書き込まれる。次に、経験上、所望の平均トラック密度に関連するような所定の低減数または振幅低減の割合X%が選択される。次に、第1の基準トラックは可動ヘッドによって読み取られる。次に、可動ヘッドは、第1の基準トラックの振幅がその元の振幅のX%に低減されるまで、第1のリミット・ストップから変位する。次に、第2の基準トラックが可動ヘッドによって書き込まれ、可動ヘッドは、第2の基準トラックの振幅がその元の値のX%に低減されるまで、同じ方向にもう一度変位する。ディスクが基準トラックで一杯になるまで、このプロセスが続行され、後続の基準トラックを書き込み、その元の値のX%まで振幅を低減するのに充分な量だけ可動ヘッドを変位する。このように書き込まれた基準トラックの数がカウントされ、位置決め手段の移動範囲内の第2のリミット・ストップが検出されると、プロセスが停止する。書き込まれたトラックの数と可動ヘッドの移動距離とを把握し、所望の平均トラック密度の所定の範囲内になるように平均トラッ

ク密度が検査される。平均トラック密度が高い場合は、ディスクが消去され、X%値が引き下げられ、プロセスが繰り返される。平均トラック密度が低い場合は、ディスクが消去され、X%値が引き上げられ、プロセスが繰り返される。平均トラック密度が所望の平均トラック密度の所定の範囲内である場合は、所与の平均トラック密度用の所望の低減率X%が求められているので、サーボ書き込み装置はサーボ書き込みステップに移行することができる。

【0007】残念ながら、Oliver他は、内部記録データ・ヘッドを使用してクロック・トラックを生成する方法を開示していない。というのは、これは外部クロック・ヘッドによって達成されるからである。また、Oliver他は、伝播時のトラック間隔を決定する方法も教示していない。この結果、トラック間隔を決定するためには、ディスク表面全体に書き込み、書き込んだトラックの数をカウントすることが必要になる。さらに、Oliver他は、ディスク・ドライブ内の複数のヘッドの変動を検査し、それに応じてトラック・ピッチを設定するわけではない。最後に、Oliver他は、放射伝播成長時にエラーの増大を制限する方法を教示していない。ランダム・エラーはステップ数の平方根として増大し、ステップ数はディスク・ドライブ伝播の場合、10000ステップという規模になり、その結果、最終エラーはステップ間エラーの100倍以上になる。

【0008】国際特許出願WO 94/11864号にも記載されているように、1990年3月27日にJanzに付与された米国特許第4912576号には、ディスク・ドライブ専用の1対の変換器によってサーボパターンを書き込む方法が記載されている。3種類のサーボパターンを使用して、速度に比例する勾配を有する差信号を提供する3相信号が生成される。公称トラック間隔より半径方向の幅がかなり広いサーボパターンが可能である。これは、読み返し振幅の改良とその結果、サーボ・パフォーマンスの改良に役に立つ。Janzによれば、変換器からの信号レベルは、ディスク上に記録された特定のパターンとのアライメントの尺度になる。磁束ギャップによって1つのパターンの40%だけが掃引される場合、読み取り電圧は、変換器がパターンの中心に正確にアライメントされているときに得られる最大電圧の40%になる。Janzは、この現象を使用して、データ・トラック用の中心線経路に沿って3つの片寄った千鳥形パターンのうちの2つを広げている。

【0009】好ましいプロセスでは、Janzは、ディスクの一方の側をサーボ用に、もう一方の側をデータ用に確保している。このディスク・ドライブは、共通のアクチュエータを共用する2つの変換器を両面に含んでいる。データ初期設定のために消去済みディスクをフォーマットするため、第1相サーボがサーボ側の外縁部に書き込まれる。次に、第1相サーボトラック振幅が示すよう

に、変換器はトラックの半分だけ半径方向に内側に移動し、第1のデータトラックがデータ側に記録される。次に、第1のデータトラック振幅が示すように、変換器はもう一度トラックの半分だけ半径方向に内側に移動し、第2相サーボトラックがサーボ側に記録される。次に、第2相サーボトラック振幅が示すように、変換器はもう一度トラックの半分だけ半径方向に内側に移動し、第2のデータトラックがデータ側に記録される。次に、第2のデータトラック振幅が示すように、変換器はさらにトラックの半分だけ半径方向に内側に移動し、第3相サーボトラックがサーボ側に記録される。次に、第3相サーボトラック振幅が示すように、変換器はトラックの半分だけ半径方向に内側に移動し、第3のデータトラックがデータ側に記録される。この前後移動プロセスは、2つの面全体が書き込まれるまで繰り返される。このように書き込まれたトラックが少なすぎるか多すぎる場合、ディスクはもう一度再フォーマットされるが、トラック幅の半分よりわずかに多いかまたはわずかに少ないか、いずれか適切な量だけ内側にステップするように、わずかな調整が行われる。ディスク・ドライブが適切な間隔のサーボトラックを全部使ってフォーマットされた後、データトラックはその目的を果たしており、ユーザ・データを受け入れる準備として消去される。

【0010】残念ながら、Janzが説明する方法では、サーボトラックのためにディスクの1つの表面全体が使用され、縦に一列に並んで動作する2つのヘッドが必要である。トラック間ピット同期も制御されず、したがって、トラック間でデータを検出するためのシーク時間が重大かつ有害な影響を受ける恐れがある。ディスクが1回転する間に発生する変換器の浮動高の変動やスピンドルの振れ、ならびに媒体の不一致により、トラック外読取り信号振幅の単純な読取りに依存する半径方向位置の測定値が改竄される恐れがある。先行技術の方法は、非常にパフォーマンスの高いディスク・ドライブには不十分である。

【0011】"Regenerative Clock Technique For Servo Track Writers"というIBMテクニカル・ディスクロージャ・ブルテンVol. 33、No. 5 (1990年10月)には、外部位置エンコーダ・ディスクを使用せず、プロダクト・ヘッドによってカバーを所定の位置に取り付けた後の、ヘッド/ディスク・アセンブリのサーボ書き込みが提案されている。単一クロック・トラックが外径部に書き込まれ、交互のA相とB相に分割される。次に、クロック情報のソースとしてそれぞれの相を交互に使用するときにヘッドがトラックの半分だけ内側にステップし、そこから、各データ・フィールドに先行するサーボ・セクタ内のサーボ情報と交互に追加クロック信号を書き込むことができる。トラック半分のステップにより、前に書き込んだクロック情報を確実に読み取ることができる。この技法では、専用サーボ書き込み装置クロック・ヘ

ッドと関連機構が不要になる。

【0012】国際特許出願WO 94/11864号は、記録表面と、その表面に通じている変換器と、その表面上で変換器を半径方向に掃引するためのサーボアクチュエータ手段とを備えた回転ディスクと、変換器に接続された可変利得読取り増幅器と、可変利得増幅器に接続されたアナログ・ディジタル変換器(ADC)と、ディスク表面のDC消去のために変換器に結合された消去周波数発振器と、ADC側に現れるディジタル出力を格納するためのメモリと、変換器読取り振幅がディジタル・メモリに表される事前読取り振幅の一部になるような半径方向位置に移動するようサーボアクチュエータに通知する制御装置とを含む、ハード・ディスク・ドライブを教示している。

【0013】トラック間のピット同期は、クロージャ(closure)によって初期クロック・トラックを書き込み、次にトラック半分だけずれた通常シーケンスのクロック・バーストを含む次のクロック・トラックを書き込むことによって維持される。この場合、初期クロック・トラックは書き込みクロック・バースト間に読み取ることができ、読み取った信号は、次のトラックのクロック・バーストを書き込むための基準として使用する発振器の周波数ロックに使用される。その結果、クロック・バーストの方格パターンが作成される。クロック・バーストを含む、書き込まれた最後のトラックからトラック半分だけステップし、前のトラックのクロック・バーストとインターレースする次の新規シーケンスのクロック・バーストを書き込むことによって後続のすべてのトラックが増分方式で構築される。

【0014】ディスク・ドライブにサーボ・パターンを書き込むには、トラック間のサーボ・パターンの同期を確立するようにパターン生成器をゲートするために回転ディスク記憶媒体から得られる精密なタイミングが必要である。この精密なタイミングは通常、外部クロック・ヘッドまたはシャフト・エンコーダによって達成される。図1に示すサーボ・パターンは、半径方向位置情報を提供するためのパターンが続くセクタ・ヘッダを含む。このセクタは、トラック間の精密なアライメントを必要とする、サーボIDフィールド4とグレイ・コード・フィールド6から構成される。これらのパターンにミスアライメントがあると、磁気パターンの破壊干渉が起こり、信号の振幅が低減されてエラーに至る。最近のディスク・ドライブのアライメントの仕様は、ディスクの回転周期が約11ミリ秒または2.3ppmのトラック間で約25ナノ秒(3シグマ)である。したがって、この狭い時間領域では、ディスクが何度も回転する間にディスクの角位置を精密に測定する必要がある。

【0015】ディスク・ドライブ・データ・ヘッドのみを使用する自己伝播によってパターン生成器用のクロックを生成するためのプロセスでは、ディスク表面にサー

ボ書き込みする間に数千ステップを必要とする。單一ヘッドでは書き込みと読み取りを同時にすることはできないので、自己伝播では、図2に示すように次のセクタに書き込む直前にあるセクタでタイミング同期が得られるように、ディスク上の1つのトラックを複数の交互セクタに分割する必要がある。初期開始トラック#0にヘッドを移動させた後、偶数番号セクタにトリガ・パターン(TP)を書き込む。サーボ・トラック#1までトラックの一部分だけヘッドを変位させ、奇数番号セクタ1、3、5、…59に後続のTPを書き込む際に同期を取るために偶数番号セクタ2、4、6、…60を使用する。サーボ・トラック#2までトラックの一部分だけヘッドをもう一度変位させて役割を逆転し、後続の偶数番号セクタを書き込む際に同期を取るために奇数番号セクタを使用する。このプロセスは、記録表面の端から端までヘッドを変位させるまで続行される。1つのセクタを書き込むたびに、ディスクの回転速度の変化と同期を取るための読み返し信号の電気ノイズの両方が原因で、ベース・エラーという小さいが不可避のタイミング・エラーが発生する。書き込まれたセクタが同期セクタに切り替わるときに、これらのエラーが次のステップで複製される。ここでは、新規かつ独立した1組のランダム・エラーも追加される。したがって、自己伝播プロセスは、各ステップのランダム・エラーの複製と合計を伴う。未訂正のままにしておくと、このようなエラーは統計的には、ステップ数の二乗平均平方根として増大する。同期と書き込みのプロセスは原因になる、すなわち、各ステップでの書き込みの前に同期が行われるので、所与のセクタ・タイミング・パターンの位置を決定するランダム・エラーのシーケンスは、経路1、経路2、経路3という矢印で示したスパイラル経路をたどって追跡することができる。これらの経路は平行に走っており、各セクタの隣接半径方向位置では完全に独立しているので、トラック間のミスアライメントは最終的に2つの独立ランダム・ウォーク間の差になり、2の平方根という追加係数を示す。したがって、10000ステップ後のRMSトラック間エラーは、ベース・エラーの141倍になるはずである。ただし、このプロセスは2に制限された交互パターン以外でも機能することができ、たとえば、クロック伝播に3つのパターンを使用することもできるが、現在企図する好ましい実施例は2であることに留意されたい。

【0016】サーボ書き込み前のステップでは、タイミングまたはトリガ・パターン(TP)がディスク上に置かれる。エラーに関しては、たとえば、4ステップ後に、サーボ・トラック#3のセクタ#5のTP26のTP位置の全エラーは、サーボ・トラック#2上のセクタ#4のTP24からの同期によるエラーに、サーボ・トラック#1上のセクタ#3のTP22からのものと、サーボ・トラック#0上のセクタ#2のTP20からのものと

を加えたものに等しくなり、サーボ・トラック # 1 のセクタ # 5 の TP 4 2 位置のエラーは、サーボ・トラック # 0 上のセクタ # 4 の TP 4 0 からの同期によるエラーと等しくなる。したがって、TP 2 6 と TP 4 2 は隣接トラック上にあるが、そのエラーは経路 2 と経路 3 という 2 つの独立経路から発生し、それがトラック間のミスマライメントの原因となる。

【0017】ディスク・ドライブ・ヘッドのみを使用してクロック・ヘッドを自己伝播クロックで置き換える技法は、いくつか提案されている。残念ながら、提案されているこれらのプロセスは、トラック間のエラーの未制御増大を発生せずに伝播を達成する方法を教示していない。したがって、最新のディスク・ドライブにはタイミング・アライメントの精密な要件があるため、このようなエラーの増大によって、提案されている自己クロック生成方法はいずれも商業応用できなくなっている。

【0018】国際特許出願 WO 94/11864 号および IBM テクニカル・ディスクロージャ・ブルテン Vol. 33, No. 5 (1990 年 10 月) では、エラーが増大せずにクロック・パターンを生成する方法を教示していない。1993 年 3 月 8 日に出願され、本出願人に譲渡され、参照により本明細書に組み込まれる米国特許出願第 08/028044 号は、トラック間の精密な磁気パターン・アライメントをもたらすためにパターン伝播プロセスのエラーを検出し訂正する方法を示している。各ステップで書き込まれるエラーは、ディスクが次に 1 回転する間に測定され、処理され、訂正される。たとえば、図 2 では TP 2 6 を書き込む前に、ディスクが余分に 1 回転するときに TP 2 4 と TP 4 2 との間隔が測定され、それが時間間隔 T 4 5 として格納される。この時間間隔 T 4 5 は、ヘッドをサーボ・トラック # 3 上に位置決めするときに使用され、TP 2 4 でトリガして、TP 4 2 にアライメントした TP 2 6 を書き込む。ディスクの余分な回転により、経路 2 と経路 3 が示す原因連鎖が切断され、通常は独立しているランダム・ウォーク経路を効果的にまとめてロックし、トラック間ミスマライメントの増大を防止する。米国特許出願第 08/028044 号に記載されているこのプロセスは、以下の説明では「2 重回転クロック伝播プロセス」と呼ぶ。

【0019】トリガの指定時間後にトリガ・パターンを書き込む場合、IBM テクニカル・ディスクロージャ・ブルテン Vol. 33, No. 5 (1990 年 10 月) に教示されているように、トリガおよび書き込み回路内の電子遅延の存在を処理しなければならないことが分かっている。そこで、読み取り／書き込み遅延は測定され、一定訂正として印加される。この読み取り／書き込み遅延は、ストップに接してヘッドを配置し、1 組の偶数番号トリガ・パターンを書き込むことによって、伝播を開始する前に決定することができる。記録ヘッドは、偶数番号トリガ・パターンのそれぞれでトリガし、各偶数番号トリガ・パターン

後の初期遅延設定 D で奇数番号トリガ・パターンを書き込む。ディスクがもう 1 回回転すると、各偶数番号トリガ・パターンとその次の奇数番号トリガ・パターンとの間の時間間隔が測定され、記録される。これらの記録値から初期遅延設定 D を引いたものの平均が読み取り／書き込み遅延訂正になり、電子遅延を適切に補正するためには、すべての計算遅延設定からそれを差し引かなければならない。

【0020】

【発明が解決しようとする課題】しかし、米国特許出願第 08/028044 号および IBM テクニカル・ディスクロージャ・ブルテン Vol. 33, No. 5 (1990 年 10 月) では、系統的エラー (どのセクタでも一定であるが、伝播プロセスの半径方向位置の関数として変化する) が存在するときにトラック間の最適トリガ・パターン・アライメントを達成する方法を教示していない。特に、米国特許出願第 08/028044 号では、以下の方法を教示していない。

1) 磁気抵抗ヘッドの場合のように記録ヘッドが空間的に分離した読み取り素子と書き込み素子を有しているときの変動する系統的エラーを解放する方法。この結果、読み取りから書き込みまでの時間遅延が半径方向に依存する。

2) 結果的に時間間隔の測定のエラーになるような、非平行の読み取り素子と書き込み素子による変動する系統的エラーを除去する方法。

3) モータ・ドライブ電流波形またはその他のセンサから得た 1 回転当たり一度のクロック・インデックスを使用することによって、統計的エラーによるサーボ・パターン回転を解消する方法。

【0021】また、米国特許出願第 08/028044 号では、以下の方法を教示していない。

1) 間隔サイズを減少せずに速度ジッタの影響を最小限にすること。

2) この目的のために設計された新しい方法を使用することによって、間隔の制御を改良する方法。

3) ディスクの追加回転を発生せずにトラック間アライメントを達成する方法。

【0022】

【課題を解決するための手段】本発明により、回転ディスクを有する直接アクセス記憶装置内のヘッドの読み取り素子と書き込み素子との間の分離を決定する方法が提供される。この方法は、ヘッドをディスクの第 1 の半径に位置決めして第 1 の読み取り／書き込み時間遅延を決定するステップと、ヘッドをディスクの第 2 の半径に位置決めして第 2 の読み取り／書き込み時間遅延を決定するステップと、前記第 1 の遅延と前記第 2 の遅延との差ならびにディスクの回転速度に基づいて読み取り素子と書き込み素子との分離を計算するステップとを含む。読み取り／書き込み時間遅延を決定する前記ステップのうちの少なくとも 1 つは、書き込み素子で第 1 のトリガ・パターンを書き込むス

ステップと、前記第1のトリガ・パターンでのトリガから公称時間T後に第2のトリガ・パターンを書き込むステップと、前記第1のトリガ・パターンと前記第2のトリガ・パターンとの間の時間間隔を測定するステップと、前記間隔と公称時間Tとの差を計算するステップとを含む。これらの遅延は、ヘッドと可動ディスクとの間の傾斜角の関数であり、傾斜角は前記計算ステップでも使用される。さらにこの方法は、前記分離、傾斜角、ディスクの回転速度の関数としてディスクに対するヘッドの連続半径方向位置の傾斜から得られる遅延時間を計算するステップと、サーボ・パターンをディスク上に書き込む際にトリガ・パターンの位置決めを訂正するために前記遅延時間を使用するステップとを含む。

【0023】本発明は、個別の読み取り素子と書き込み素子を有するヘッドによって回転記憶媒体上のデータの配置の系統的エラーの値を決定する方法であって、前記エラーが前記読み取り素子と前記書き込み素子との形状的ミスマッチメントによる方法にも関する。この方法は、前記ディスク上の所与の半径方向位置に位置するヘッドによって書き込まれるトリガ・パターン間の第1の時間間隔を測定するステップと、1対のトリガ・パターン間の第2の時間間隔を測定するステップであって、そのうちの第1のトリガ・パターンが第1の半径方向位置に位置するヘッドによって書き込まれ、第2のトリガ・パターンが第2の半径方向位置に位置するヘッドによって書き込まれ、前記第1および第2の半径方向位置が、1つの半径方向位置に置かれたヘッドによって第1および第2の両方のトリガ・パターンが読み取れるほど充分小さく、前記系統的エラーを検出できるほど充分大きい距離分だけ離れているステップとを含む。この方法は、ディスク上にサーボ・パターンを設けるステップと、系統的エラーの測定を使用して、ディスク上に前記サーボ・パターンを書き込むのに使用するトリガ・パターンの位置を訂正するステップとに結合される。本発明は、ディスク・ドライブ内のヘッドによって回転ディスク上にタイミング・パターンを書き込む際の系統的エラーを訂正する方法にも関し、前記ディスクの第1のトラック上の第1の位置にあるヘッドによって第1のシリーズのトリガ・パターンを書き込むステップと、ディスクの回転方向に関連する回転インデックスと前記第1のトラック上の少なくとも1つのトリガ・パターンとの間の時間間隔を記録するステップと、所定の所望の時間間隔から記録した時間間隔の偏差からインデックス訂正値を計算するステップと、前記インデックス訂正値を使用して、後続トラック上に書き込まれる各トリガ・パターンの位置をシフトするステップとを含む。

【0024】本発明は、ディスク・ドライブ内のヘッドによって回転ディスク上にタイミング・パターンを書き込む際の系統的エラーを訂正する方法も企図し、前記ディスクの第1のトラック上のヘッドによって第1のシリ

ーズのトリガ・パターンを書き込むステップと、ディスクの回転方向に関連する回転インデックスと前記第1のトラック上の少なくとも1つのトリガ・パターンとの間の第1の時間間隔を記録するステップと、前記ディスクの第2のトラック上のヘッドによって第2のシリーズのトリガ・パターンを書き込むステップと、ディスクの回転方向に関連する回転インデックスと前記第2のトラック上の少なくとも1つのトリガ・パターンとの間の第2の時間間隔を記録するステップと、記録した前記第1および第2の時間間隔の差からインデックス訂正値を計算するステップと、前記インデックス訂正値を使用して、後続トラック上に書き込まれる各トリガ・パターンの位置をシフトするステップとを含む。本発明の他の態様によれば、ディスクとの相互作用のために位置決めされたヘッドを含むディスク・ドライブ内の回転ディスクに自己サーボ書き込みするためのプロセスは、第1のトラック上に第1の組のトリガ・パターンを書き込むステップと、読み取り／書き込み時間遅延を決定するステップと、インデックス訂正値を決定するステップと、少なくとも1つのランダム・エラー訂正値を決定するステップと、前記読み取り／書き込み時間遅延と、前記インデックス訂正値と、前記少なくとも1つのランダム・エラー訂正値との関数である1組の遅延値を計算するステップと、前記第1の組のトリガ・パターンからトリガし、前記遅延値を使用して後続トラック上に第2の組のトリガ・パターンを書き込むステップとを含む。本発明の他の態様では、ディスクとの相互作用のために位置決めされたヘッドを含むディスク・ドライブ内の回転ディスクに自己サーボ書き込みするためのプロセスは、読み取り／書き込み時間遅延を決定するステップと、前記第1のトラック上に第1の組のトリガ・パターンを書き込むステップと、インデックス訂正値を決定するステップと、トラック幅の一部分だけヘッドを移動させるステップと、第2の組のトリガ・パターンを書き込むステップと、それぞれの第1のトリガ・パターンとそれに続く第2のトリガ・パターンとの間の第1の時間を測定し、それぞれの第2のトリガ・パターンとそれに続く第1のトリガ・パターンとの間の第2の時間を測定するステップと、前記第1の時間に基づいて更新された読み取り／書き込み時間遅延を計算するステップと、前記第2の時間を使用して、公称間隔時間からの偏差を決定し、ランダム・エラー訂正遅延値を計算するステップと、インデックス訂正値を更新するステップと、更新された読み取り／書き込み時間遅延と、インデックス訂正値と、ランダム・エラー訂正値との関数として後続トラック上にトリガ・パターンを書き込むために1組の遅延値を計算するステップとを含み、それにより、前記トリガ・パターンの配置のランダム・エラーと系統的エラーの増大が解消される。

【0025】本発明は、前記所与の時間の直前に連続トリガ・パターン間の時間間隔を測定するステップと、前

記時間間隔に基づいて瞬間ディスク速度を計算するステップと、平均ディスク速度からの前記瞬間ディスク速度の偏差について訂正した遅延時間で前記所与の時間後に次のトリガ・パターンを書き込むステップとをたどることにより、所与の時間にディスク速度を測定する場合にも使用することができる。

【0026】本発明の他の態様によれば、連続時間間隔を定義する一連のトリガ・パターン内の第1のトリガ・パターンと第2のトリガ・パターンのどちらのトリガ・パターンが間違って配置されているかを決定する方法は、前記第1のトリガ・パターンと少なくとも1つの他のトリガ・パターンとの間の第1の時間間隔を決定するステップと、前記第2のトリガ・パターンと少なくとも1つの他のトリガ・パターンとの間の第2の時間間隔を決定するステップと、第1および第2の時間間隔を比較して、前記第1および第2のトリガ・パターンのうちのどちらが間違って配置されているかを決定するステップとを含む。

【0027】本発明の非常に有利な態様は、ディスク・ドライブ内の回転ディスクの自己サーボ書き込み用のタイミング・パターンを生成する方法であり、前記ディスクの1回転の間に前記ディスクの第1のトラック上にタイミング・パターンを配置し、前記第1のトラック上の前記タイミング・パターンの配置のランダム・エラーを決定するステップと、前記配置エラーを補正するために訂正値を計算するステップと、前記訂正値によって位置を変更して前記ディスクの後続トラック上にタイミング・パターンを書き込むステップとを含み、それにより、前記第1のトラック上の配置のエラーが前記後続トラックに伝播されないようになっている。また、本発明は、回転ディスクを有するディスク・ドライブの自己サーボ書き込み中に半径方向に変化する系統的エラーを除去する方法であって、複数の所定の半径方向位置で系統的エラーを測定するステップと、系統的エラーを打ち消すようにステップaで決定した量だけサーボ・トラックを前記半径方向位置に書き込む際に系統的エラーを訂正するステップとを含み、それにより、サーボ・パターンが所望のようにディスクに対して回転する方法にも関する。また、本発明は、その内部の回転ディスクと、アクチュエータによって半径方向に位置決めされたヘッドと、前記ディスク上に書き込まれる自己サーボ書き込みタイミング・パターンとを含むディスク・ドライブも含み、前記パターンは系統的エラーが解消されるように書き込まれ、それにより、サーボ・パターンの回転がディスク上でその半径方向に移動するヘッドによって追跡された軌道と一致する。このサーボ・パターンは、サーボ・パターンのトラック間アライメントのランダム・エラーがディスク表面の少なくとも所望の部分でその二乗平均平方根値が統計的に一定になるように書き込むこともできる。

【0028】本発明の他の態様では、個別の読み取り素子

と書き込み素子を備えたヘッドを有し、前記ヘッドが回転ディスクとの相互作用のためのものであるディスク・ドライブは、ディスクに対するヘッドの半径方向位置を決定する方法に関し、ディスクの半径方向位置と、ヘッドとヘッドに対するディスクの移動方向との間の傾斜角との関係を確認するステップと、読み取り素子と書き込み素子との分離を確認するステップと、第1の半径位置にあるヘッドによって第1の読み取り／書き込み遅延を決定するステップと、未知の半径位置にあるヘッドによって第2の読み取り／書き込み遅延を決定するステップと、前記第1の読み取り／書き込み遅延と、前記第2の読み取り／書き込み遅延と、前記関係と、前記素子間の前記分離とから未知の半径を計算するステップとを含む。

【0029】

【発明の実施の形態】自己サーボ書き込み装置のシステム概要を図3に示す。このシステムは、半径方向伝播制御装置2と、タイミング伝播制御装置4と、パターン生成器6とを含む電子ブロックから構成される。システムは、読み取り／書き込み変換器10と、読み取り／書き込み変換器の位置を制御するアクチュエータ12とにより、ディスク記憶装置8とのインターフェースを取る。この自己サーボ書き込み装置は、電子インターフェースのみを使用して、サーボ情報でディスクをパターン化することができる。

【0030】通常、ディスク・ドライブでは、すべてのディスク表面上にサーボ・パターン情報が存在する「埋込みサーボ」と呼ばれる一般的なサーボ・アーキテクチャが使用されている。本明細書および米国特許出願第08/028044号に記載されている2重回転クロック伝播プロセスは、すべての表面にサーボ・パターンを書き込むようにサーボ・パターン生成器6をゲートするためのものである。本発明の好ましい商業実施態様として企図されるディスク・ドライブの外部にサーボ書き込み装置がある場合には、最小限の回転でこれを達成できるということは重要である。

【0031】図4および図5には、トリガ・パターンを使用して、第1の記録ヘッドにより第1の表面にサーボ・パターンを書き込み、他の記録表面上の他の記録ヘッドへの切替えにより他の表面にもサーボ・パターンを書き込むプロセスが示されている。記録ヘッドは、読み取りモードに設定され、サーボ・パターンSP#0を書き込むようにパターン生成器のゲートを開始するTP#1でトリガし、次に、マルチプラタ・ディスク・ドライブのスタック内の次の記録ヘッドが選択され、第2のサーボ・パターンSP#1が表面#1に書き込まれ、N個の表面まで繰り返される。このNという数は、それぞれの表面に書き込み、ヘッドを切り替えるのに必要な時間によって制限される。N番目の表面が終わると、ヘッドは、次のセクタTP#2を読み取るのに間に合う時間に第1の表面#0に切り替わらなければならない。短時間であ

るためにディスクが1回転する間に他の表面にサーボ・パターンを書き込むことができ、そのため、サーボ書き込み時間が短縮されるので、このプロセスではトリガ・パターンの利点が明らかになる。

【0032】系統的エラーの原因となる形状的影響

いずれのクロック伝播プロセスでも、伝播プロセス中に系統的エラー（サーボ・トラックの各セクタに同じエラーを発生する）を除去しなければならない。このようなエラーは、トラックのミスアライメントや、固定フレームに対するパターンの回転の一因となる。前述のように、IBMテクニカル・ディスクロージャ・ブルテンNo. 1.33、No. 5（1990年10月）に記載されている最も明白な系統的エラーは、読み取り／書き込み回路内の電子遅延である。しかし、先行技術では、ヘッドやアクチュエータの設計に特有の形状的影響によって変動する系統的エラー（半径方向位置につれて変化する）が存在することを教示していない。このようなエラーを補正しないと、伝播プロセスのトラック間正確度が低下し、固定基準に対してパターンが回転することになるほどエラーが蓄積する可能性がある。この回転については図10にグラフで示すが、パターン回転と固定トラック間ミスアライメント・エラーの両方を引き起こす系統的エラーによって、後続のサーボ・トラック上の各TPが前のサーボ・トラックから変位している。パターン回転がシーク時のアクチュエータの軌道と一致する場合、ディスクの回転方向に関連するインデックスに対するタイミングのシフトが一切存在しなくなる。これは、長いシーク時にディスク・ファイル・サーボを単純化するので、所望のパターン回転である。したがって、ディスクの回転方向に関連するインデックスに対するタイミング・シフトが発生しないように書き込まれたパターンは、必ず、所望のタイプになる。系統的エラーの例をいくつか以下に説明

$$DELAY_{separation} =$$

ただし、 Θ は記録ヘッドの傾斜角であり、 Ω はディスクの回転速度であり、 R はトラックの半径である。

【0034】読み取り／書き込みの分離Wは、TP50を書き込み、後続の回転時にそのトリガ・パターンでトリガし、時間T54後に第2のトリガ・パターンTP52を書き込むことにより、プロダクト・データ・ヘッドのみを使用して測定することができる。2つのトリガ・パターンの間の実際の測定の後続測定は、時間T54に、電子プロック内の遅延（一定である）と物理的な読み取り／

するが、特定のヘッドおよびディスク・ドライブの設計によって他にも同様の影響が発生しうることに留意されたい。一般に、所与の系統的エラーの場合、その系統的エラーを除去するのに使用できる方法は3通りある。

1) 各伝播ステップで訂正項を計算するのに使用する1つまたは複数の既知の半径でのエラーの測定

2) 伝播プロセス中の内部測定によるエラーのプロセス間訂正

3) 同様の設計のすべてのディスク・ドライブを訂正するのに使用する、外部手段によるディスク・ファイルのエラーの測定。

【0033】独立読み取り／書き込みセンサ用の半径方向依存時間遅延

図6に示すように記録変換器が分離した書き込み素子と読み取り素子を有する場合、米国特許出願第08/028044号に記載されている2重回転タイミング・パターン・プロセスを変更する必要がある。この場合、読み返しトリガ・パターンから指定の物理距離後に第2のトリガ・パターンを書き込むには、時間遅延または進み（書き込み素子と読み取り素子が分離していない場合との相関関係による）が必要である。この時間遅延は、W/Vによって示されるディスクの線速度の関数である。ただし、Wは読み取り素子46と書き込みギャップ48との間の分離であり、Vはディスクの線速度である。また、たとえば、回転アクチュエータで発生するようにヘッドがトラックに対して傾斜している場合は、記録したトラックに沿って突き出している読み取りおよび書き込み変換器の「見かけの」分離Wが記録ヘッドの傾斜角の余弦によって変更され、これも半径の関数として変化する。分離の影響による時間遅延は次式から得られる。

【数2】

$$W = \frac{R}{\cos(\Theta) \Omega}$$

書き込みの分離Wによる遅延とを加えたものになる。2つの既知の半径でこの測定を繰り返すと、傾斜角が既知の場合、アクセス可能な最も内側のデータ・トラックまたは内径（ID）とアクセス可能な最も外側のデータ・トラックまたは外径（OD）を使用して、読み取り素子と書き込み素子との分離を計算することができる。測定した全遅延は次式から得られる。

【数3】

$$R/W_{\text{Delay}_1} = \frac{W}{\cos(\Theta_1) \Omega R_1} + \text{DELAY}_{\text{electronic}}$$

$$R/W_{\text{Delay}_2} = \frac{W}{\cos(\Theta_2) \Omega R_2} + \text{DELAY}_{\text{electronic}}$$

ただし、読み取り／書き込み遅延と呼ばれるこの全遅延は、読み取り／書き込み間の分離による遅延と、記録ヘッドの読み取りおよび書き込み連鎖のいずれか一方または両方の電子経路による追加の遅延とを含む。

$$W = \Omega \times \left[\frac{\frac{R/W_{\text{Delay}_1}}{1} - \frac{R/W_{\text{Delay}_2}}{1}}{\frac{\cos(\Theta_1) R_1}{\cos(\Theta_2) R_2}} \right]$$

【0036】タイミング・パターンはディスク表面の端から端まで伝播するので、各伝播ステップごとに遅延を計算し、更新することができる。

【0037】あるいは、方法#2に示すように、読み取り／書き込み遅延を伝播プロセス中に測定し、それを使用して可変遅延の訂正を行うこともできる。2重回転タイミング・パターン・プロセスの場合、それぞれの読み返し測定回転時に遅延と訂正值の測定が得られる。これについては、以下の「系統的エラー除去を伴うプロセス」の項で説明する。

【0038】場合によっては、上記の方法を使用してヘッドの絶対半径方向位置を検出する方が望ましいこともある。所与のディスク・ファイルについて、ヘッドの半径方向位置と傾斜角との関係を確認することができる。読み取り素子と書き込み素子との分離が分かっている場合は、所与の既知の半径での読み取り／書き込み遅延について上記の式を解くことにより、遅延の電子成分を求めることができる。次に、ヘッドを他の位置に置いて測定した読み取り／書き込み遅延を使用することにより絶対半径方向位置を求めるために、同じ式を解いてよい。

【0039】読み取り／書き込み間の非平行

記録ヘッドの読み取り素子が書き込み素子と平行ではない場合、追加の系統的エラーが発生する。これについては図7に示すが、同図では、書き込まれたTP64、TP66、TP68が読み取り素子62と平行ではない。TP68は、TP64およびTP66から約1/2だけトラックから外れて書き込まれている。トラックの中心70上の読み取り素子62がトリガ・パターンを読み取る場合、TP64とTP66との間で測定した時間間隔はD1である。また、TP66とTP68との間で測定した時間間隔はD2になる。TP68がトラック外であることから時間間隔D2はD1より長くなり、その角度の結果、トリガ・パターンの見かけの中心がシフトする。この影響をさらに明確にするため、TP72、TP74、

【0035】上記の関係は、次式によりWについて解くことができる。

【数4】

TP76が示すように読み取り素子と書き込み素子が平行の場合は、上記の説明に従って間隔を測定すると、2つの測定間隔D1' と D2' が等しくなる。

【0040】このエラーは、両方ともトラック上のトリガ・パターンの場合の間隔と、一方がトラック上の信号でもう一方がトラック外の信号である場合の間隔との系統的エラーを測定し、その値を格納することにより、伝播プロセス中に除去することができる。この測定を既知を半径（IDまたはODである可能性が最も高い）で実行すると、シフトSは次式で示すことができる。

$$S = \text{遅延} \times \Omega \times R$$

【0041】Sの測定値を使用して、任意の半径方向ステップで遅延を計算することができる。

【0042】あるいは、方法#2に示すように、個別の定期的測定ステップとして伝播プロセス中にこのエラーを測定することもできる。特に、読み取り素子と書き込み素子が単に非平行であるというより、もっと複雑な形状的ミスマライメント状態である場合、遅延は、半径方向位置に対して非線形に依存する可能性がある。この影響を訂正するには、伝播プロセス中の定期的な測定が必要になると思われる。

【0043】この形状的影響のもう1つの結果は、図8に示すパターン・スパイラルの形成である。同図では、パターンのトラック間ミスマライメントが最小限になるようにTP82、TP84、TP86がアライメントされているが、その結果、この時間領域でインデックス80からパターンの回転が起こる。前述のように、これは所望のパターン形状ではない。ただし、読み取り素子と書き込まれた転移との間が非平行であるとこの影響が発生するので、読み取り素子と書き込み素子との間を一定角度に制限する必要はないことに留意されたい。具体的には、書き込みプロセスでのエッジ効果によって書き込まれた転移が曲がったりゆがんだりしても、この影響が発生する。以下の「系統的エラー除去を伴うプロセス」で説明

する1回転当たり一度のインデックスを使用することによって、所望のパターン形状を復元することができる。この読み取り／書き込み間非平行の影響に固有の特徴は、その結果、トラック間タイミング・エラーとパターン・スパイラル・エラーの両方が発生することである。

【0044】ヘッド取付けのミスアライメント

記録ヘッドがアクチュエータの動作方向と平行ではない場合、もう1つの形状の影響が発生する可能性がある。トラック間エラーを最小限にするようにトリガ・パターンをアライメントすると、その結果、パターン回転が発生する。単純な例を図9に示すが、同図では、ヘッドが線形アクチュエータの動きに対して平行になっていない。トリガ・パターンTP90、92、94をアライメントさせると、パターン回転が発生する。TP90、96、98が示すパターン回転を除去すると、トラック間ミスアライメントが発生する。ヘッドが回転アクチュエータ上でミスアライメント状態になっていると、同様の影響が発生する。ただし、読み取り／書き込み間の非平行の影響とは異なり、ヘッド取付けのミスアライメントではパターン・スパイラル・エラーしか発生しない。すなわち、この影響からはトラック間タイミング・エラーは一切発生しない。

【0045】系統的エラー除去を伴うプロセス

図2に示す伝播プロセスでは、後続の偶数番号セクタを書き込む際の同期のために奇数番号セクタを使用し、次のステップでは（ヘッドを半径方向にわずかに移動させた後）その役割が逆転し、後続の奇数番号セクタを書き込む際の同期のために偶数番号セクタを使用する。測定フィードバック・プロセスによってランダム・エラーの増大は除去されるが、系統的エラーが発生すると、その結果、一定のトラック間エラーと、固定基準フレームに対するサーボ・パターン全体の回転が発生する。これについて図10に示すが、同図では、系統的エラーにより書き込まれた後続のTPが前のサーボ・トラックから一定の距離だけ変位している。

【0046】系統的エラーを除去すると同時にパターン伝播プロセスでランダム・エラーも除去するための流れ図を図11に示す。このプロセスの詳しい説明は以下の通りである。

【0047】ステップ100) 一連のTPを書き込み、前述のように読み取りと書き込みとの間の遅延を測定し、その遅延を変数 D_{RW0} として格納することによって、プロセスを開始する。読み取り／書き込み間の平行によるTPのシフトを検査し、測定し、 D_{S0} として格納する。

【0048】ステップ102) ステップ1で求められた読み取り／書き込み間遅延を使用して、ディスクに偶数番号TPを書き込む。インデックスに対する第1のTPの位置を記録し、インデックス訂正值をゼロに設定する。

【0049】ステップ103) トラック幅の一部分だけヘッドを移動する。

【0050】ステップ104) 交互に番号が付けられたTPを書き込む。これは最初は奇数TPであるが、後続の伝播ステップでは偶数と奇数が交互になる。

【0051】ステップ105) TP間の時間に対応するすべての間隔を測定する。

【0052】ステップ105Aでは、間隔を I_{FH} と I_{HF} の2つのグループに分割する。 I_{FH} は完全トラック上TPから始まりトラック外TPで終わる時間間隔に対応する。 I_{HF} はトラック外TPから始まりトラック上TPで終わる時間間隔に対応する。これらを組み合わせると、ディスク上のすべての間隔が処理される。

【0053】ステップ105Bでは、ディスクの同一回転中に、書き込まれたグループ内の第1のTPの位置を記録する。

【0054】ステップ106) 測定した間隔を使用して、時間遅延訂正值を計算する。

【0055】ステップ106Aでは、 I_{HF} を使用して、次のTP書き込みに使用する読み取り／書き込み間遅延を決定する。

【0056】ステップ106Bでは、 I_{FH} をクロック・アルゴリズムに入力し、次のTP書き込みでエラーのランダム増大を解消するために訂正值を計算する。

【0057】ステップ106Cでは、インデックスに対する第1のTPの位置を使用して、インデックスに対するパターンの回転を防止するための新しいインデックス訂正值を計算する。ただし、図8および9のようにパターンが回転できるようにすることによってトラック間エラーを最小限にする場合などは、この機能を使用不能にすることもできることに留意されたい。インデックスは、通常、ディスク・ドライブに使用するDCブラシレス・モータの電流波形または他に使用可能な1回転当たり一度の信号から求めることができる。

【0058】ステップ107) ステップ106A、106B、106Cの上記のプロセスそれぞれの出力を使用して、次の半径方向位置に交互のTPを書き込むために所望の遅延を計算する。

【0059】ステップ108) トラック・カウントを検査して、プロセスの終わりを判定する。

【0060】次にプロセスはループをたどってステップ103に戻る。

【0061】実際には、上記のプロセスでは、それぞれの間隔ごとに計算した遅延値に対する訂正を行う前に2つまたはそれ以上の後続ステップで系統的エラーの測定値の平均を求めることが可能である。

【0062】速度エラー訂正

ディスクの回転速度の変動により、上記の伝播プロセスでエラーが発生する。米国特許出願第08/028044号には、このエラーの大きさが間隔の開きに比例することが教示されている。したがって、このエラーは、2つの連続奇数（または2つの偶数）トリガ・パターン間

の時間に対応する間隔サイズを低減することによって無視できる程まで最小限にすることができる。場合によっては、このエラーを無視できるレベルまで低減するためには間隔を短縮することが実用的ではないこともある。

【0063】間隔を短縮できない場合にディスクの速度を"on the fly"で測定する新しい方法を開示する。米国特許出願第08/028044号の2重回転タイミング・パターン伝播のように、読み取りステップと書き込みステップでディスクの速度が異なると書き込まれたTPの位置のエラーが発生する。このプロセスでは、1回転分の間隔時間（読み返しと書き込みのいずれか一方の間隔時間または両方）の平均に対応する公称間隔長を使用して、ディスクの平均速度または公称速度を推定する。図12に示すように、書き込みプロセス中のTP間の時間間隔を測定すれば、この間隔と公称速度での公称間隔とを比較することにより、ローカル・ディスク速度の推定値を求めることが可能である。速度の変化率はディスクの慣性によって制限されるので、書き込まれるTPの直前の1組の間隔測定値の平均を取って、現行ディスク速度を推定してもよい。たとえば、ヘッドがサーボ・トラック#1の中心にある場合、TP118を書き込む前に間隔TP114とTP116を測定してローカル・ディスク速度を推定することができる。

【0064】間隔制御の改良のための方法

すでに開示されている米国特許出願第08/028044号の方法では、トリガ・パターン伝播中の間隔測定を使用している。ある間隔でエラーが発生した場合、その間隔を定義する2つのTPのうちのどちらが間違った位置にあるのかは分からぬ。その結果、訂正值F（Fについては以下に定義する）が1未満である場合にこの方法で伝播すると、TP位置のエラーが（減衰するように）隣接位置に伝播する。この例は図13の上半分に図示する。サーボ・トラック#1のTP150はTP132に対して間違ってシフトし、その結果、間隔測定値TP145が公称値より小さくなる。プロセスの次のステップでは、ヘッドがサーボ・トラック#2上に位置決めされ、短い間隔TP145を訂正するためにTP134がエラーとともに書き込まれる。サーボ・トラック#3および#4での後続の書き込みでは、エラーが減衰するように伝播していることが分かる。

【0065】間隔制御の改良のための方法では、特定のTPの位置に関する情報が抽出される。前のTPからの特定の間隔を所望の公称位置として指定するのではなく、周囲のTPからの間隔データを使用して位置情報を提供する。現在評価中のTP間の間隔と指定の数の転移内の各TPが計算される。

【0066】最も近い隣接比較を使用する例として、間隔TP135とTP157を測定することによりTP150の位置を評価する。同様に、TP124とTP146を測定することによりTP132を評価する。TP124とTP1

46が等しくなく、TP135とTP157が等しい場合には、TP150の位置が間違つており、TP132の位置は間違つていない。実際には、最も近い隣接間隔以上にこのプロセスを拡張し、適切な指定の数の隣接間隔について平均を求めて、TPの配置に関する情報を提供する。

【0067】単一回転タイミング・パターン

ディスク表面上の1つの半径方向位置での等間隔のトリガ・パターン（書き込まれた1つまたは複数の磁気転移から構成される）の形式のタイミング情報は、タイミング情報のトラック間アライメントの増大を発生せずにディスク半径全体にわたって伝播することができる。さらにこのプロセスは、1つのサーボ・トラック当たり1回転以内で実施され、それにより、ディスク・ドライブにサーボ書き込みを行うプロセスに余分な時間を追加しない。この進歩の重要性は、自己生成プロセスがディスク・ドライブの外部で行われる場合や、記憶媒体の回転数の追加が必要なサーボ書き込みシステムの数に直接影響する場合には重大なものになる。たとえば、記録ヘッドを次のサーボ・トラック位置に移動するのに回転記憶媒体の2回転分とさらにもう1回転分とを必要とするタイミング・パターンでは、前述の方法に比べ、さらに50%多いサーボ書き込み装置を必要とするはずである。これは、サーボ書き込み装置が記憶装置の外部にあるときに膨大な資本費になることを意味する。

【0068】タイミング・パターンの自己伝播のプロセスについては、以下の各ステップに示し、図15に示す。この例では、Aは間隔Tの半分に相当するが、一般にAはTの一部であればどのような大きさにもすることができる。

1. 記録ヘッドをサーボ・トラック位置#0に配置し、ディスク表面上の1つおきのセクタに対応する一連の偶数番号トリガ・パターンを公称間隔サイズTで書き込む。
2. 記録ヘッドをサーボ・トラック位置#1にサーボ位置決めする。
3. 記録ヘッドがN個の偶数番号トリガ・パターンのそれぞれでトリガし、各偶数番号トリガ・パターンから時間A後に奇数番号トリガ・パターンを1つずつ書き込む。この書き込みシーケンス中に、隣接する2つの偶数番号トリガ・パターン間の時間間隔を測定し、値T(n)としてコンピュータ・メモリに記録する。この場合、nは1~Nに及ぶ。
4. 格納した時間間隔と間隔Aから、次式に示す間隔B(n)を計算する。

$$B(n) = F * \{T(n) - A\} + \{1 - F\} * A$$
5. 記録ヘッドを次のサーボ・トラック位置にサーボ位置決めする。
6. 記録ヘッドがN個の奇数番号トリガ・パターンのそれぞれでトリガし、各偶数番号トリガ・パターンから時

間B (n) 後に偶数番号トリガ・パターンを1つずつ書き込む。この書き込みシーケンス中に、隣接する2つの偶数番号トリガ・パターン間の時間間隔を測定し、値S (n) としてコンピュータ・メモリに記録する。

7. 格納した時間間隔と間隔B (n) から、次式に示す間隔C (n) を計算する。

$$C(n) = F * \{S(n) - B(n-1)\} + \{1 - F\} * A$$

8. 記録ヘッドを次のサーボ・トラック位置にサーボ位置決めする。

9. 記録ヘッドがN個の偶数番号トリガ・パターンのそれぞれでトリガし、各偶数番号トリガ・パターンから時間C (n) 後に奇数番号トリガ・パターンを1つずつ書き込む。この書き込みシーケンス中に、隣接する2つの偶数番号トリガ・パターン間の時間間隔を測定し、値T (n) としてコンピュータ・メモリに記録する。

10. 格納した時間間隔と間隔C (n) から、次式に示す間隔B (n) を計算する。

$$B(n) = F * \{T(n) - C(n)\} + \{1 - F\} * A$$

11. ディスク表面全体がクロック情報で一杯になるまで、プロセス・ステップ# 5に移行し、ステップ# 5～# 10を繰り返す。

【0069】Fは0～1の数字であり、トラック間ミスマライメントの訂正に使用する重み係数を表す。たとえば、F=1の場合、トラック間ミスマライメント・エラーは最小限になるが、絶対間隔は公称値からずれる。F=0の場合は、公称間隔サイズは維持されるが、トラック間エラーは無制限に増大する。

【0070】ランダム・エラー増大を除去するための上記のプロセスに加え、前述のように電子的影響と形状的影響の両方によるすべての系統的遅延を測定し訂正しなければならないことに留意されたい。さらに、「間隔制御のためのアルゴリズムの改良」という前述の方法も同様にこのプロセスに適用することができる。

【0071】このクロック伝播プロセスを使用するサーボ・パターンの伝播を図16に示す。記録ヘッドは読み取

$$W = \Omega \times \left[\frac{R/W_{\text{Delay}_1}}{\frac{1}{\cos(\Theta_1) R_1} - \frac{1}{\cos(\Theta_2) R_2}} \right]$$

式中、W=分離、Ω=ディスクの回転速度、R₁=第1の半径、R₂=第2の半径、Θ₁=第1の半径での傾斜角、Θ₂=第2の半径での傾斜角であることを特徴とする、上記(3)に記載の方法。

(5) 前記分離、傾斜角、ディスクの回転速度の関数としてディスクに対するヘッドの連続半径方向位置の傾斜から得られる遅延時間を計算するステップと、サーボ・パターンをディスク上に書き込む際にトリガ・パターン

リモードに設定され、サーボ・パターン# 0を書き込むようにパターン生成器のゲートを開始するTP 0でトリガし、スタック内の次の記録ヘッドが選択され、第2のサーボ・パターン# 1が表面# 1に書き込まれ、N個の表面まで繰り返される。Nという数は、各表面に書き込むために必要な時間とヘッド切替え時間によって制限される。N番目の表面が終わると、ヘッドは、次のセクタTP 1の書き込みに間に合う時間に第1の表面# 0に切り替わらなければならない。

【0072】まとめとして、本発明の構成に関して以下の事項を開示する。

【0073】(1) 回転ディスクを有する直接アクセス記憶装置内のヘッドの読み取り素子と書き込み素子との間の分離を決定する方法において、前記ヘッドはディスクとの相互作用のために位置決めされ、前記ヘッドを前記ディスクの第1の半径に位置決めして第1の読み取り／書き込み時間遅延を決定するステップと、前記ヘッドを前記ディスクの第2の半径に位置決めして第2の読み取り／書き込み時間遅延を決定するステップと、前記第1の遅延と前記第2の遅延との差ならびにディスクの回転速度に基づいて読み取り素子と書き込み素子との分離を計算するステップとを含むことを特徴とする方法。

(2) 読取り／書き込み時間遅延を決定する前記ステップのうちの少なくとも1つが、書き込み素子で第1のトリガ・パターンを書き込むステップと、前記第1のトリガ・パターンでのトリガから公称時間T後に第2のトリガ・パターンを書き込むステップと、前記第1のトリガ・パターンと前記第2のトリガ・パターンとの間の時間間隔を測定するステップと、前記間隔と公称時間Tとの差を計算するステップとを含むことを特徴とする、上記(1)に記載の方法。

(3) 遅延がヘッドと可動ディスクとの間の傾斜角の関数であり、傾斜角が前記計算ステップでも使用されることを特徴とする、上記(1)に記載の方法。

(4) 前記分離が以下の関係式を使用することによって決定され、

【数5】

$$- \frac{R/W_{\text{Delay}_2}}{\frac{1}{\cos(\Theta_2) R_2}}$$

の位置決めを訂正するために前記遅延時間を使用するステップとをさらに含むことを特徴とする、上記(1)に記載の方法。

(6) 前記第1の半径がディスクの最も内側のアクセス可能なトラックであり、前記第2の半径がディスクの最も外側のアクセス可能なトラックであることを特徴とする、上記(1)に記載の方法。

(7) 個別の読み取り素子と書き込み素子を有するヘッドに

よって回転記憶媒体上のデータの配置の系統的エラーの値を決定する方法において、前記エラーが前記読み取り素子と前記書き込み素子との形状的ミスマライメントによるものであり、前記ディスク上の所与の半径方向位置に位置するヘッドによって書き込まれるトリガ・パターン間の第1の時間間隔を測定するステップと、1対のトリガ・パターン間の第2の時間間隔を測定するステップであって、そのうちの第1のトリガ・パターンが第1の半径方向位置に位置するヘッドによって書き込まれ、第2のトリガ・パターンが第2の半径方向位置に位置するヘッドによって書き込まれ、前記第1および第2の半径方向位置が、1つの半径方向位置に置かれたヘッドによって第1および第2の両方のトリガ・パターンが読み取れるほど充分小さく、前記系統的エラーを検出できるほど充分大きい距離分だけ離れているステップとを含むことを特徴とする方法。

(8) 前記測定ステップが前記ディスクに対して既知の半径にあるヘッドによって行われ、前記ディスク表面の相対速度が前記ディスクと回転速度と前記半径との積であることを特徴とする、上記(7)に記載の方法。

(9) 前記エラーが前記読み取り素子と前記書き込み素子との非平行によるものであることを特徴とする、上記(7)に記載の方法。

(10) ディスク上にサーボ・パターンを設けるステップと、系統的エラーの測定を使用して、ディスク上に前記サーボ・パターンを書き込むのに使用するトリガ・パターンの位置を訂正するステップとに結合されることを特徴とする、上記(7)に記載の方法。

(11) ディスクに対するヘッドの追加半径位置で系統的エラーを決定して、半径の関数として更新した系統的エラーを決定するステップと、系統的エラーの更新済み測定を使用して、ディスク上に前記サーボ・パターンを書き込むのに使用するトリガ・パターンの位置を訂正するステップとをさらに含むことを特徴とする、上記(10)に記載の方法。

(12) ディスク・ドライブ内のヘッドによって回転ディスク上にタイミング・パターンを書き込む際の系統的エラーを訂正する方法において、前記ディスクの第1のトラック上の第1の位置にあるヘッドによって第1のシリーズのトリガ・パターンを書き込むステップと、ディスクの回転方向に関連する回転インデックスと前記第1のトラック上の少なくとも1つのトリガ・パターンとの間の時間間隔を記録するステップと、所定の所望の時間間隔から記録した時間間隔の偏差からインデックス訂正值を計算するステップと、前記インデックス訂正值を使用して、後続トラック上に書き込まれる各トリガ・パターンの位置をシフトするステップとを含むことを特徴とする方法。

(13) ディスク・ドライブ内のヘッドによって回転ディスク上にタイミング・パターンを書き込む際の系統的

エラーを訂正する方法において、前記ディスクの第1のトラック上のヘッドによって第1のシリーズのトリガ・パターンを書き込むステップと、ディスクの回転方向に関連する回転インデックスと前記第1のトラック上の少なくとも1つのトリガ・パターンとの間の第1の時間間隔を記録するステップと、前記ディスクの第2のトラック上のヘッドによって第2のシリーズのトリガ・パターンを書き込むステップと、ディスクの回転方向に関連する回転インデックスと前記第2のトラック上の少なくとも1つのトリガ・パターンとの間の第2の時間間隔を記録するステップと、記録した前記第1および第2の時間間隔の差からインデックス訂正值を計算するステップと、前記インデックス訂正值を使用して、後続トラック上に書き込まれる各トリガ・パターンの位置をシフトするステップとを含むことを特徴とする方法。

(14) ディスクとの相互作用のために位置決めされたヘッドを含むディスク・ドライブ内の回転ディスクに自己サーボ書き込みするためのプロセスにおいて、第1のトラック上に第1の組のトリガ・パターンを書き込むステップと、読み取り／書き込み時間遅延を決定するステップと、インデックス訂正值を決定するステップと、少なくとも1つのランダム・エラー訂正值を決定するステップと、前記読み取り／書き込み時間遅延と、前記インデックス訂正值と、前記少なくとも1つのランダム・エラー訂正值との関数である1組の遅延値を計算するステップと、前記第1の組のトリガ・パターンからトリガし、前記遅延値を使用して後続トラック上に第2の組のトリガ・パターンを書き込むステップとを含むことを特徴とするプロセス。

(15) ディスクとの相互作用のために位置決めされたヘッドを含むディスク・ドライブ内の回転ディスクに自己サーボ書き込みするためのプロセスにおいて、読み取り／書き込み時間遅延を決定するステップと、前記第1のトラック上に第1の組のトリガ・パターンを書き込むステップと、インデックス訂正值を決定するステップと、トラック幅の一部分だけヘッドを移動させるステップと、第2の組のトリガ・パターンを書き込むステップと、それぞれの第1のトリガ・パターンとそれに続く第2のトリガ・パターンとの間の第1の時間を測定し、それぞれの第2のトリガ・パターンとそれに続く第1のトリガ・パターンとの間の第2の時間を測定するステップと、前記第1の時間に基づいて更新された読み取り／書き込み時間遅延を計算するステップと、前記第2の時間を使用して、公称間隔時間からの偏差を決定し、ランダム・エラー訂正遅延値を計算するステップと、インデックス訂正值を更新するステップと、更新された読み取り／書き込み時間遅延と、インデックス訂正值と、ランダム・エラー訂正值との関数として後続トラック上にトリガ・パターンを書き込むために1組の遅延値を計算するステップとを含み、それにより、前記トリガ・パターンの配置のランダ

ム・エラーと系統的エラーの増大が解消されることを特徴とするプロセス。

(16) 読取り／書込み時間遅延を決定する前記ステップが、書込み素子で第1のトリガ・パターンを書き込むステップと、前記第1のトリガ・パターンでのトリガから公称時間T後に第2のトリガ・パターンを書き込むステップと、前記第1および第2のトリガ・パターン間の時間間隔を測定するステップと、前記間隔と公称時間Tとの差を計算するステップとを含むことを特徴とする、上記(15)に記載の方法。

(17) 所与の時間にディスク速度を測定する方法において、前記所与の時間の直前に連続トリガ・パターン間の時間間隔を測定するステップと、前記時間間隔に基づいて瞬間ディスク速度を計算するステップと、平均ディスク速度からの前記瞬間ディスク速度の偏差について訂正した遅延時間で前記所与の時間後に次のトリガ・パターンを書き込むステップとを含むことを特徴とする方法。

(18) 連続時間間隔を定義する一連のトリガ・パターン内の第1のトリガ・パターンと第2のトリガ・パターンのどちらのトリガ・パターンが間違って配置されているかを決定する方法において、前記第1のトリガ・パターンと少なくとも1つの他のトリガ・パターンとの間の第1の時間間隔を決定するステップと、前記第2のトリガ・パターンと少なくとも1つの他のトリガ・パターンとの間の第2の時間間隔を決定するステップと、第1および第2の時間間隔を比較して、前記第1および第2のトリガ・パターンのうちのどちらが間違って配置されているかを決定するステップとを含むことを特徴とする方法。

(19) ディスク・ドライブ内の回転ディスクの自己サーボ書き込み用のタイミング・パターンを生成する方法において、前記ディスクの第1のトラック上に第1の組のトリガ・パターンを書き込むステップと、前記ディスクの1回転の間に前記ディスクの第2のトラック上に第2の組のトリガ・パターンを配置し、前記第1の組のトリガ・パターンに対する前記第2のトリガ・パターンの配置のランダム・エラーを決定するステップと、前記配置エラーを補正するために訂正值を計算するステップと、前記訂正值によって位置を変更して前記ディスクの後続トラック上にトリガ・パターンを書き込むステップとを含み、それにより、前記第1のトラック上の配置のエラーが前記後続トラックに伝播されないようになっていることを特徴とする方法。

(20) ディスクとの相互作用のために位置決めされたヘッドを含むディスク・ドライブ内の回転ディスクの自己サーボ書き込み用のタイミング・パターンを生成する方法において、

a. 第1のトラックの周りに間隔をおいたN個の第1のトリガ・パターンを含む前記トラックを書き込むステッ

プと、

- b. ヘッド幅の一部分に対応する距離だけヘッドを第1のサーボ・トラックに移動させるステップと、
- c. 前記第1のトリガ・パターンのそれぞれを検出し、前記第1のトリガ・パターンのそれぞれの検出から時間間隔A後にに対応する第2のトリガ・パターンを第2のサーボ・トラックに書き込み、隣接する2つの第1のトリガ・パターン間の第1の時間間隔T(n)を測定するステップと、
- d. 第1の間隔T(n)とAの関数である第1の組の時間B(n)を計算するステップと、
- e. 前記ヘッドの幅の一部分に対応する距離だけヘッドを第2のサーボ・トラックに移動させるステップと、
- f. 前記第2のトリガ・パターンの検出から時間B(n)後にに対応する第3の組のトリガ・パターンを書き込み、隣接する2つの第2のトリガ・パターン間の時間間隔S(n)を測定するステップと、
- g. 間隔S(n)と前記第1の時間B(n)およびAとの関数である時間C(n)を計算するステップと、
- h. その幅の一部分だけヘッドを第3のサーボ・トラックに移動させるステップと、
- i. 前記第3のトリガ・パターンのそれぞれの検出から前記時間C(n)後にに対応する第4の組のトリガ・パターンを書き込み、隣接する2つの第3のトリガ・パターン間の第2の時間間隔T(n)を測定するステップと、
- j. 第2の間隔T(n)と前記時間C(n)およびAとの関数である第2の組の時間B(n)を計算するステップと、
- k. 前記ディスク上の後続サーボ・トラックに書き込むために、ディスクの所望の部分がサーボ・トラックで覆われるまで、ステップe～jのそれぞれを繰り返すステップとを含むことを特徴とする方法。

(21) 回転ディスクを有するディスク・ドライブの自己サーボ書き込み中に半径方向に変化する系統的エラーを除去する方法において、

- a. 複数の所定の半径方向位置で系統的エラーを測定するステップと、
- b. 系統的エラーを打ち消すようにステップaで決定した量だけサーボ・トラックを前記半径方向位置に書き込む際に系統的エラーを訂正するステップとを含み、それにより、サーボ・パターンが所望のようにディスクに対して回転することを特徴とする方法。

(22) サーボ・パターンの配置のランダム・エラーも訂正されることを特徴とする、上記(21)に記載の方法。

(23) 回転ディスクと、アクチュエータによって半径方向に位置決めされたヘッドと、前記ディスク上に書き込まれる自己サーボ書き込みタイミング・パターンとを含み、前記パターンは系統的エラーが解消されるように書き込まれ、それにより、サーボ・パターンの回転がディ

スク上でその半径方向に移動するヘッドによって追跡された軌道と一致することを特徴とする、ディスク・ドライブ。

(24) サーボ・パターンのトラック間アライメントのランダム・エラーがディスク表面の少なくとも所望の部分でその二乗平均平方根値が統計的に一定になるように、前記サーボ・パターンも書き込まれることを特徴とする、上記(23)に記載のディスク・ドライブ。

(25) サーボ・パターンのトラック間アライメントのランダム・エラーがランダム・ウォーク・プロセスを代表するトラック番号の平方根未満のエラー増大になるように訂正されるように、前記サーボ・パターンも書き込まれることを特徴とする、上記(23)に記載のディスク・ドライブ。

(26) 個別の読み取り素子と書き込み素子を備えたヘッドを有し、前記ヘッドが回転ディスクとの相互作用のためのものであるディスク・ドライブにおいて、ディスクに対するヘッドの半径方向位置を決定する方法であって、ディスクの半径方向位置と、ヘッドとヘッドに対するディスクの移動方向との間の傾斜角との関係を確認するステップと、読み取り素子と書き込み素子との分離を確認するステップと、第1の半径位置にあるヘッドによって第1の読み取り／書き込み遅延を決定するステップと、未知の半径位置にあるヘッドによって第2の読み取り／書き込み遅延を決定するステップと、前記第1の読み取り／書き込み遅延と、前記第2の読み取り／書き込み遅延と、前記関係と、前記素子間の前記分離とから未知の半径を計算するステップとを含むことを特徴とする方法。

【図面の簡単な説明】

【図1】ディスクと典型的なディスク・サーボ・パターンとを示す図である。

【図2】パターン伝播の独立原因経路が生成され、測定と、ディスクの追加回転の使用によってそれを解消する方法を示す図である。

【図3】電子サーボ・パターン書き込み装置を示す図であ

る。

【図4】2重回転プロセスによってサーボ・パターンを書き込む方法を示す図である。

【図5】2重回転プロセスによってサーボ・パターンを書き込む方法を示す図である。

【図6】読み取り素子と書き込み素子との物理的分離の結果、時間遅延が発生する様子を示す図である。

【図7】読み取り／書き込みヘッドが平行ではない場合にヘッドをトラックの中心から移動させるとトリガ・パターンが明らかにシフトする様子を示す図である。

【図8】平行ではない読み取り素子と書き込み素子の結果、パターン回転が発生する様子を示す図である。

【図9】ヘッドの取付けのミスアライメントの結果、パターン回転が発生する様子を示す図である。

【図10】パターン伝播に及ぼす系統的エラーの影響を示す図である。

【図11】系統的エラーを除去し、パターン回転を解消するプロセスを示す図である。

【図12】スピンドルの速度ジッタの影響を除去する方法を示す図である。

【図13】間隔ジッタを低減した場合のクロック伝播の方法を示す図である。

【図14】間隔ジッタを低減した場合のクロック伝播の方法を示す図である。

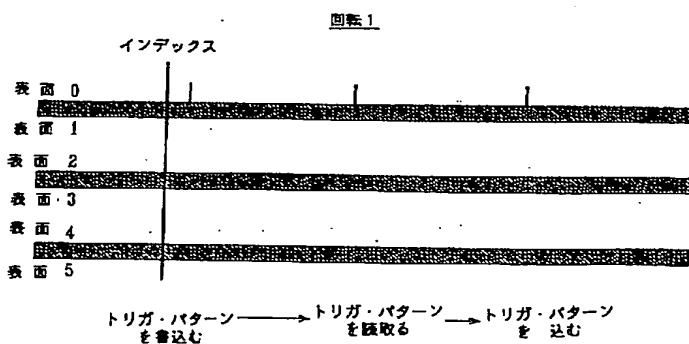
【図15】ディスクの追加回転が発生しないクロック伝播の方法を示す図である。

【図16】單一回転クロック伝播プロセスによってサーボ・パターンを書き込む方法を示す図である。

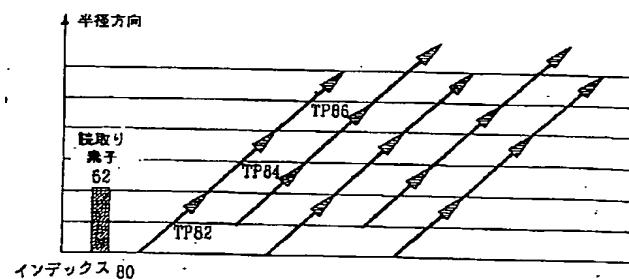
【符号の説明】

- 2 半径方向伝播制御装置
- 4 タイミング伝播制御装置
- 6 パターン生成器
- 8 ディスク記憶装置
- 10 読取り／書き込み変換器
- 12 アクチュエータ

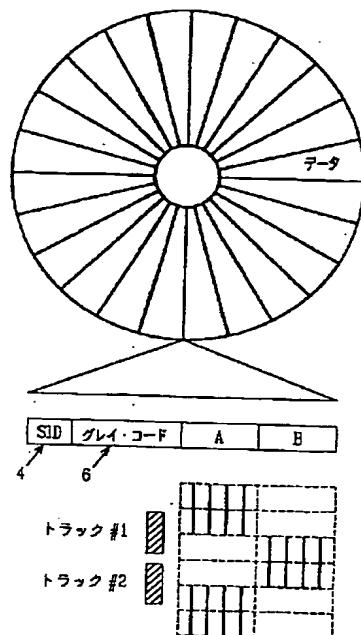
【図4】



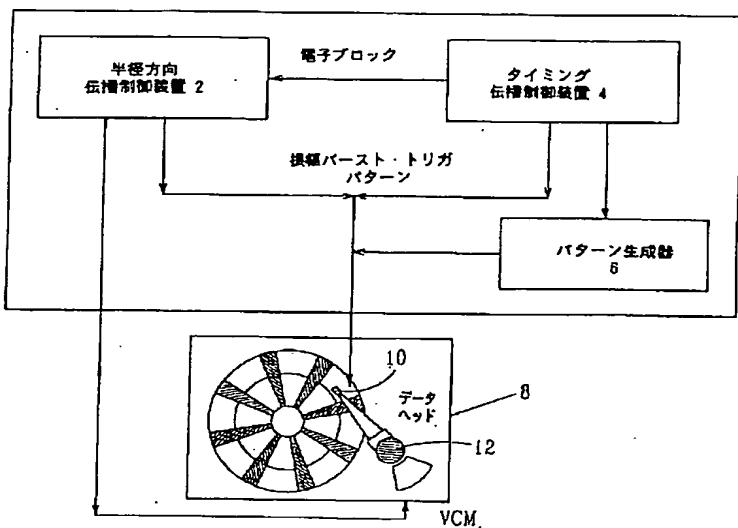
【図8】



〔図1〕

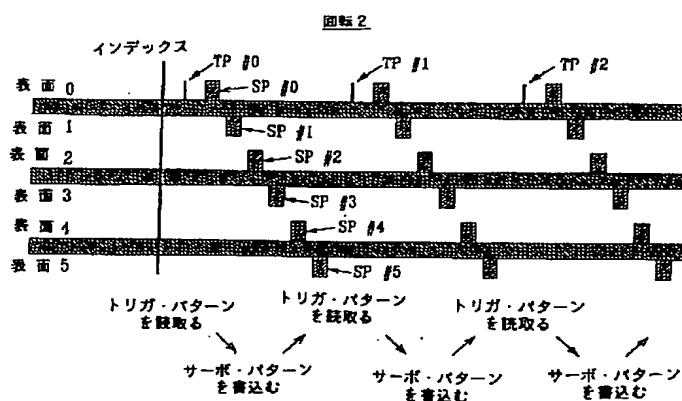


[図3]

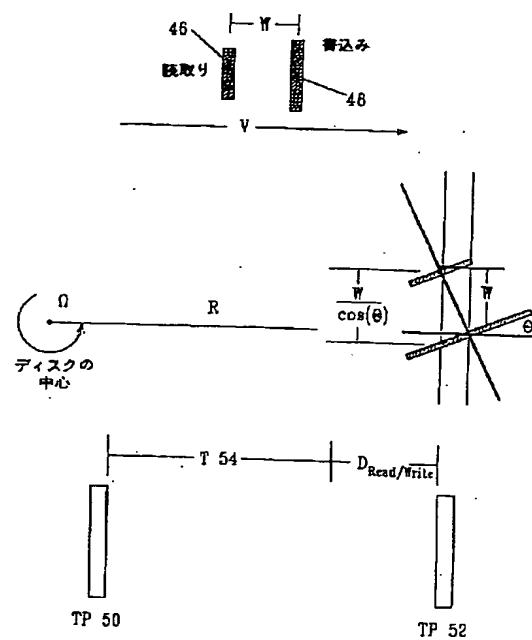


【図 6】

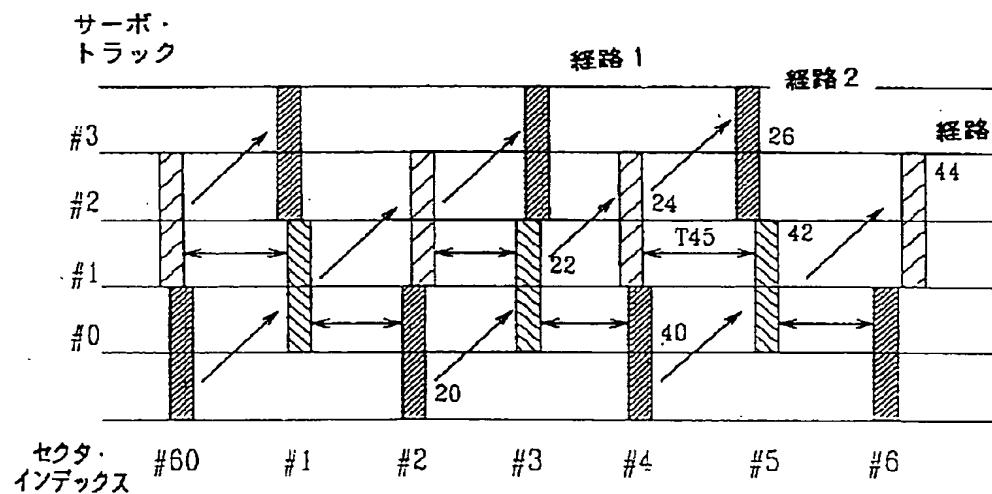
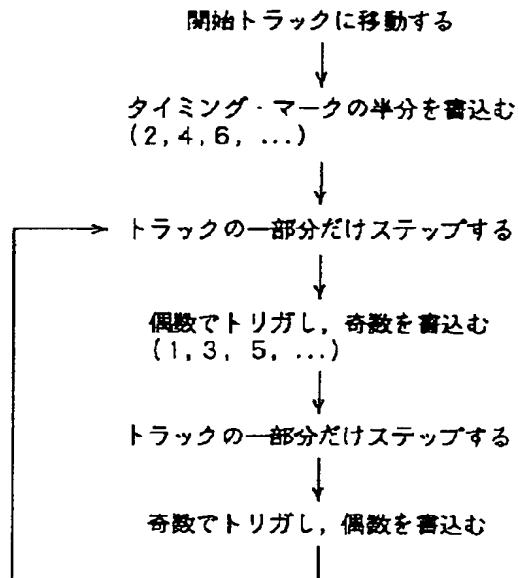
【図5】



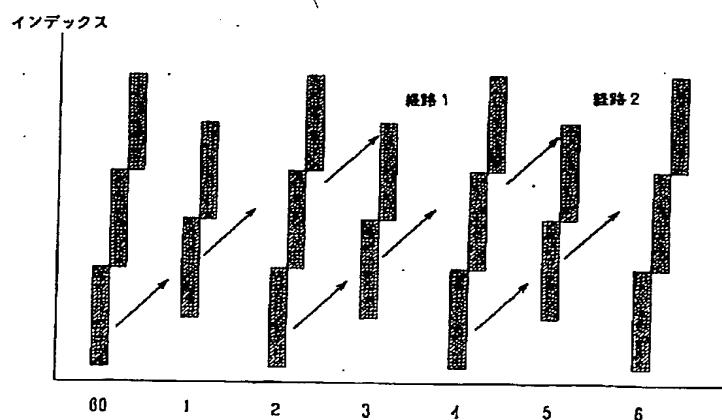
【図9】



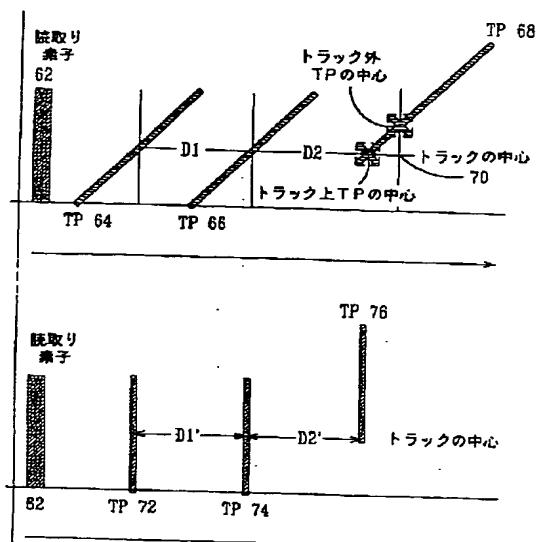
【図2】



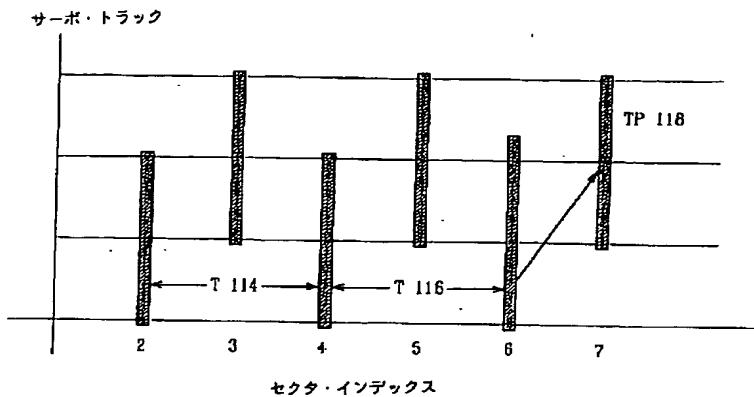
【図10】



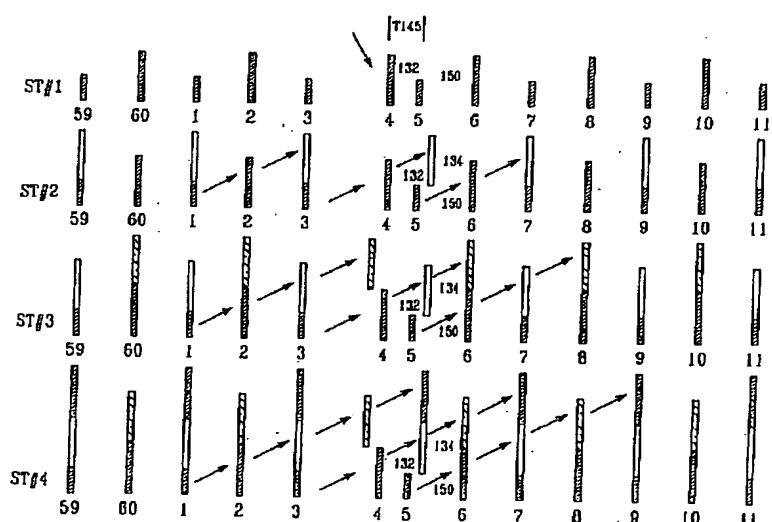
【図7】



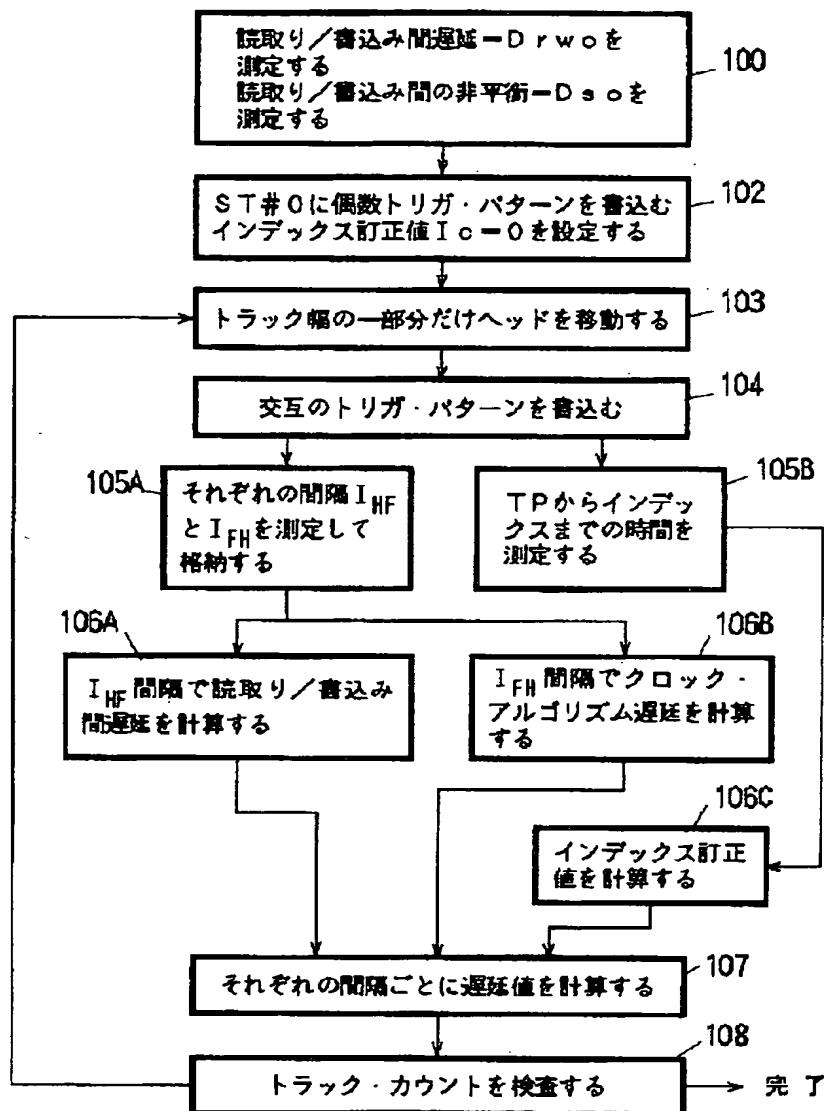
【図12】



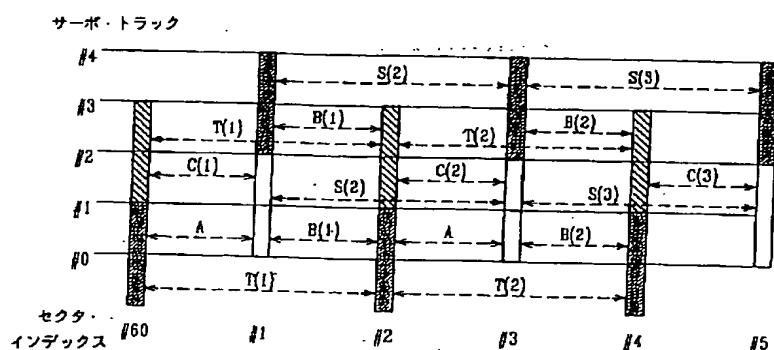
【図13】



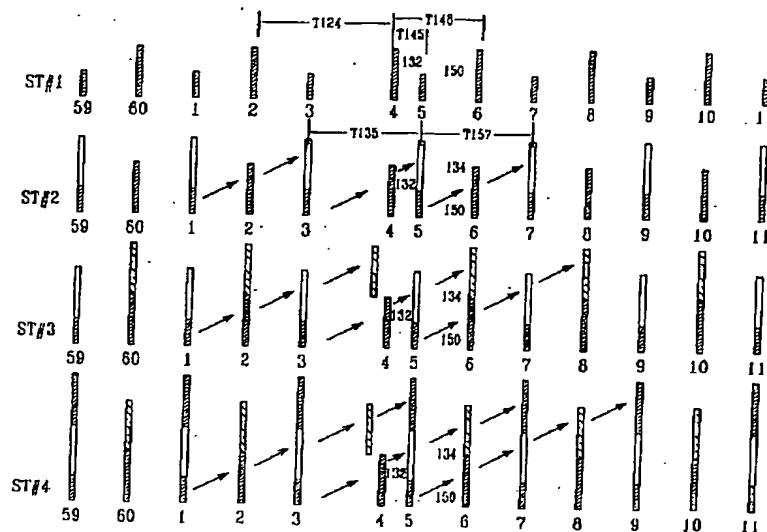
【図11】



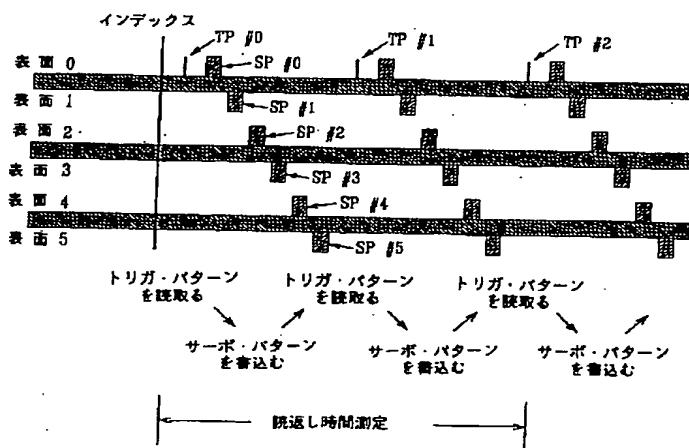
【図15】



【図14】



【図16】



フロントページの続き

(72) 発明者 アンソニー・ポール・ブライノ
アメリカ合衆国12570 ニューヨーク州ボ
ークアクディアヴュー・レーン アール・
アール 1

(72) 発明者 マーク・デロルマン・シュルツ
アメリカ合衆国10523 ニューヨーク州エ
ルムスフォード サウス・ストーン・アベ
ニュー 35

(72) 発明者 バックネル・シー・ウェップ
アメリカ合衆国10562 ニューヨーク州オ
シニングシスカ・ロード 811

(72) 発明者 エドワード・ジョン・ヤルムチューク
アメリカ合衆国10589 ニューヨーク州ソ
マーズフランクリン・ドライブ 19